49.5)N51
cv

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

LIBRARY
OF THE
AMERICAN MUSEUM
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

S.06 (49.3)

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXV — 20 JANVIER 1914

(TRENTE-HUITIÈME ANNÉE ; TOME LXXV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1914

22.88526 June 27

L'ÉLÉMENT NERVEUX

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

Quelques observations très générales nous semblent nécessaires avant d'aborder directement notre sujet.

Si nous considérons, aux confins de la vie animale, quelqu'un de ces protozoaires les plus simples, qu'on appelle des Rhizopodes, un amœbien, par exemple, nous serons étonnés de voir à quel minimum de conditions anatomiques peuvent se réduire les exigences de la vie. Il suffit, en effet, pour constituer une Amibe, d'un peu de cytoplasme, ordinairement nucléé, et déformable. Avec cela, le petit être se déplace, se nourrit, se défend, se reproduit ; or ce sont bien là les grandes fonctions essentielles de la vie. Ces fonctions, d'ailleurs, nous les trouvons déjà, essentiellement les mêmes, dans un substratum anatomique plus simple encore que celui des amœbiens : chez les protéomyxés et les mycétozoaires. La multiplicité des fonctions n'entraîne donc pas nécessairement, chez un être vivant, la multiplicité des systèmes, ni des organes, ni même des cellules.

Chez tous ces animaux inférieurs dont nous venons de parler, n'importe quelle partie de la cellule unique qui les constitue, le noyau excepté, est apte à remplir toutes les fonctions vitales.

Ainsi, la locomotion s'opère par l'émission de pseudopodes. Or, ces pseudopodes prennent naissance en quelque point que ce soit de la périphérie, et lorsqu'ils

rentrent, par rétraction, dans la masse centrale, ils peuvent, quand ils se sont anastomosés, y pénétrer à un niveau autre que celui de leur sortie. La région la plus interne, il est vrai, ne prend point part à la constitution de ces prolongements, mais c'est uniquement en raison de sa position, et non point par suite d'une inaptitude fonctionnelle : aussi bien cette région pourra-t-elle émettre des pseudopodes, quand elle sera devenue périphérique par suite de la division de l'animal en deux fragments protoplasmiques.

La pénétration des matériaux nutritifs au sein de la cellule se fait aussi à un niveau quelconque de la périphérie. Un corps étranger, arrivant en contact avec les pseudopodes, sera entouré par eux, englobé, et finalement introduit dans le corps cellulaire avec les pseudopodes eux-mêmes, transformés ainsi, d'organes locomoteurs, en organes préhenseurs. Si le contact se produit en un point où il n'existe pas d'expansions, l'animal bourgeonne immédiatement en cet endroit, pour capter la proie. Celle-ci, introduite par rétraction dans le cytoplasme, y subit, si sa nature le permet, une véritable digestion ; mais il n'y a pas plus de région intracellulaire différenciée spécialement en vue de ce phénomène, qu'il n'y en a, à la périphérie, de différenciée spécialement en vue de l'ingestion. Quant à l'évacuation des déchets de toute provenance dont la cellule doit se libérer, elle ne se fait pas, elle non plus, en un point d'élection. Il n'existe ni bouche ni anus, et tout point de la périphérie peut devenir occasionnellement une voie de sortie, après avoir été une voie d'entrée, tant pour les matériaux solides que pour les liquides ou pour les gaz.

Tout aussi simple est la façon dont la cellule amœbienne pourvoit à sa protection contre les ennemis du dehors. Rien de spécial en elle n'est chargé de ce rôle de défense ; la capacité de se garantir contre certaines

influences nocives du milieu appartient à tout l'individu, dont la seule ressource, d'ailleurs, en pareil cas, est de s'enkyster.

La fonction de reproduction elle-même, enfin, s'accomplit par des procédés tout aussi rudimentaires. Non seulement chaque amibe se charge à elle toute seule de sa propre multiplication, ce qui peut encore s'observer chez des animaux beaucoup plus élevés en organisation, mais il s'en acquitte sans l'intermédiaire d'aucun organe reproducteur particulier. Le plus souvent, l'opération débute par un simple étranglement du noyau, suivi de l'étranglement du cytoplasme, et elle s'achève par la séparation totale des deux parties déjà ébauchées par le sillon d'étranglement. Or aucun point du noyau, pas plus qu'aucun point du cytoplasme, ne paraît prédestiné à être la région par laquelle passera le plan de section. La division se fait, pourrait-on dire, au petit bonheur, pendant que la cellule continue à se nourrir et à ramper en émettant et rétractant ses expansions cytoplasmiques, sans paraître se soucier le moins du monde de l'important phénomène qui se passe en elle.

Cet exemple nous met en présence d'un fait primordial en physiologie, à savoir que le dynamisme vital est la manifestation d'une propriété inhérente à la substance protoplasmique, et que les diverses modalités de ce dynamisme, considérées dans ce qu'elles ont d'essentiel, n'exigent pas nécessairement un protoplasme différent pour chacune d'elles.

Il ne serait pourtant pas vrai de dire que nous n'avons affaire, dans le cas que nous avons cité, et dans tous les cas analogues où une cellule se suffit complètement à elle-même, à aucune différenciation. Il est presque toujours possible, en effet, de discerner, dans l'individu unicellulaire, deux formations anatomiques distinctes et permanentes. L'une d'elles, qui se présente le plus souvent sous la forme sphérique, occupe la

partie centrale et profonde, et a reçu, en raison de ces caractéristiques, le nom de noyau. L'autre, appelée cytoplasme, enveloppe la première. A cette différenciation anatomique s'en ajoutent d'ailleurs quelques autres, d'ordre physique ou chimique. Or, il est très vraisemblable que cette constitution complexe répond à certaines nécessités physiologiques ; mais ces nécessités, nous les ignorons complètement. Nous ne saurions dire s'il existe, dans la cellule amœbienne, des fonctions *générales* que seul le noyau soit apte à remplir, et d'autres qui relèvent essentiellement et uniquement du cytoplasme. Ce qui, du moins, paraît établi, c'est qu'un noyau sans cytoplasme, et du cytoplasme sans noyau, sont inaptes, l'un et l'autre, à être *longtemps* le siège de phénomènes vitaux. Les formes anucléées normales ne sont problablement qu'un mythe. Delage en cite quatre, avec cette mention : « Noyau inconnu sans que les observateurs nient formellement sa présence » (1). C'est là tout ce qui reste des *cytodes* de Häckel. Il se peut d'ailleurs que la substance spéciale qui, chez toutes les autres cellules, se présente sous forme de noyau, affecte une autre disposition chez les quatre cytodes dont il s'agit.

On peut donc affirmer que dans la presque totalité des cas, la vie, même dans les états les plus humbles, ne se présente jamais en dehors de ce complexe élémentaire : une substance cytoplasmique et une substance nucléaire, — et que la séparation, expérimentale ou accidentelle, de ces deux composants, se fait toujours au détriment de l'activité vitale normale de l'un et de l'autre, et aboutit à la mort de tous les deux, à bref délai. De ces faits il résulte tout au moins que la substance cytoplasmique et la substance nucléaire sont le support anatomique de propriétés dont l'exercice, dans

(1) Delage et Hérouard : *Zoologie concrète*, I, p. 65, en note (Paris, 1896).

une unité anatomique commune, leur est mutuellement nécessaire.

Le monde vivant nous offre d'ailleurs tous les degrés de différenciation, depuis l'être unicellulaire, comme une Amibe, jusqu'aux types d'organisation les plus compliqués, comme l'homme. A mesure qu'on s'éloigne des formes rudimentaires, on observe, chez l'être pluricellulaire, une variété de plus en plus riche d'espèces cytologiques, correspondant à une division de plus en plus grande du travail. Chez l'Amibe, une seule cellule remplissait toutes les fonctions; chez un vertébré, l'exercice de chacune d'elles sera réservé à des cellules particulières, et même, parfois, dans chaque cellule, à des éléments spéciaux.

Que cette différenciation extrême soit un perfectionnement; que l'organisation d'un vertébré supérieur soit plus admirable que celle d'un minuscule Rhizopode, qui concentre dans l'espace étroit d'une cellule microscopique, toutes les énergies et toutes les ressources dont il a besoin pour vivre, pour se défendre, pour croître et se reproduire, c'est un point de vue que nous devons abandonner à la méditation des philosophes. Ceux-ci nous diront sans doute que si chacune des cellules des êtres hautement différenciés est beaucoup moins bien outillée que la cellule amœbienne, pour la vie adéquate, elle fait, en revanche, partie d'un tout où cette vie revêt une splendeur bien supérieure à toutes les merveilles du monde unicellulaire; et rien n'est plus vrai; observons seulement que cette splendeur, réelle, est chèrement achetée par la fragilité plus grande de l'organisme. On comprend en effet qu'une cellule, comme la cellule d'un protozoaire unicellulaire quelconque, qui se suffit à elle-même pour toutes les fonctions vitales essentielles, est dans des conditions de vie beaucoup moins aléatoires que les cellules des animaux

supérieurs, dont chacune dépend, dans son fonctionnement, du bon fonctionnement de certaines autres.

Constatons, sans nous attarder à en commenter les risques, cette interdépendance cellulaire. Elle existe, et on peut se demander s'il ne serait pas possible d'établir sur ce fait une sorte de hiérarchie des cellules, en recherchant quelles sont celles dont le fonctionnement normal paraît importer le plus au fonctionnement de toutes les autres. Bien qu'une pareille classification soit nécessairement exposée à être quelque peu artificielle, peut-être pourrait-on la tenter, en s'en tenant aux principaux phénomènes des plus grandes fonctions.

Quelle place occuperait l'élément nerveux dans une liste dressée sur ces bases ? La première, semble-t-il. Pour s'en convaincre il suffit de remarquer que la fonction d'innervation est une fonction qui tient toutes les autres, quelles qu'elles soient, sous sa dépendance médiate ou immédiate. Le système nerveux, à la vérité, n'est pas nécessaire, d'une nécessité générale, pour que n'importe quel organisme soit apte à remplir ses diverses fonctions. Même les plus élevées peuvent s'exercer sans le concours de ce système, comme, par exemple, celle de la connaissance sensible ; la preuve en est que la sensibilité psychique proprement dite doit être concédée aux animaux unicellulaires eux-mêmes, bien que ces animaux, nous venons de le voir, soient dépourvus de tout élément nerveux différencié. Mais il n'en est pas moins vrai que là où existent des éléments de cette nature, c'est par leur intermédiaire que l'organisme se nourrit, se développe, se défend, se multiplie, qu'il prend conscience de lui-même, qu'il entre en relation avec le milieu, et qu'il exerce même, *indirectement*, s'il s'agit de l'homme, les opérations les plus hautes de l'intellectualité.

On comprend dès lors l'intérêt qui s'attache à l'étude

du système nerveux. Cette étude doit d'ailleurs porter à la fois et sur la constitution et sur le fonctionnement du système. Ces deux points de vue sont en effet solidaires. Le fonctionnement ne sera compris que si l'on connaît parfaitement la constitution, et, d'autre part, certaines questions relatives à la constitution ne peuvent être mises dans toute leur lumière qu'à l'aide des notions fournies par le fonctionnement.

Or, que savons-nous, d'un peu précis, à l'heure actuelle, sur l'anatomie et la physiologie du système nerveux ?

Aucune cellule de l'organisme, peut-être, n'a donné lieu à plus de controverses que la cellule nerveuse, depuis près de quatre-vingts ans que les neurologistes s'acharnent à lui arracher les secrets de sa vie intime et de ses relations, et peut-être convient-il, avant de parler de ce que nous en savons, de dire dans quelles conditions générales se fait son étude.

Les débuts de son histoire sont fort obscurs. On fait remonter jusqu'à 1665 les notions les plus anciennes que nous possédions sur la constitution cellulaire des organismes. Robert Hooke fut, on le sait, l'auteur inconscient de cette importante découverte. Après avoir signalé l'existence, dans des fragments de liège observés au miscroscope, de cavités à section transversale irrégulière, auxquelles il donna le nom de *cellules*, l'illustre physicien ne poussa pas plus loin ses recherches anatomiques : la biologie n'était pas son fait, et ses observations n'avaient d'autre but que de prouver l'utilité des perfectionnements qu'il avait apportés au microscope de Zacharias Jansen.

Ce n'est qu'une vingtaine d'années plus tard, vers 1684, que la cellule nerveuse devait bénéficier de ces progrès de l'optique. Il semble bien, en effet, que ce fut Leuwenhoek qui, à cette date, identifia pour la première fois l'élément nerveux. Toutefois, les connais-

sances neurologiques du célèbre naturaliste hollandais restèrent forcément très rudimentaires. Il avait bien utilisé, pour ses observations, les instruments les plus perfectionnés que possédât la science de son temps, comme en font foi ses œuvres complètes publiées en 1724 sous le titre : « *Opera omnia sive arcana naturae ope exactissimorum microscopiorum detecta* » ; mais l'aventure arrivée environ trente ans auparavant à N. Hartsœker, à qui le microscope avait révélé dans l'élément reproducteur mâle, déjà signalé par Leuwenhoek lui-même, l'individu futur, parfaitement formé déjà et n'ayant plus qu'à se développer en taille, montre assez qu'il y avait encore bien des améliorations à apporter à ces « *exactissima microscopia* », pour en faire de sérieux instruments de recherche cytologique.

Ce n'était point là, d'ailleurs, le seul obstacle à une étude un peu fine de la constitution de la cellule nerveuse. Hooke avait bien pu réaliser, sans trop de peine, des lames de liège assez minces pour y découvrir ses « *cells and pores* » ; mais il était nécessaire d'obtenir des coupes beaucoup plus délicates, pour pénétrer dans la structure intime des éléments nerveux. En fait, les connaissances neurologiques vraiment sérieuses ne datent que de l'époque (vers 1840) où Stilling utilisa la méthode des coupes fines et sériées.

Cependant un progrès tout aussi important que les améliorations introduites dans l'optique microscopique et la microtomie restait encore à faire. Il fallait trouver un mode de coloration spécifique qui, dans une coupe pouvant renfermer des cellules appartenant à différents tissus, mît en particulière évidence celles du tissu nerveux et, dans chacune de celles-ci, permît de révéler les détails caractéristiques de leurs constituants cytoplasmiques et nucléaires. Ce fut l'œuvre de Gerlach, de Weigert, de Golgi, d'Ehrlich, de Nissl, de Marchi, d'Apathy, de Donaggio, de Bielschowsky, de Cajal.

Chacun de ces noms, qui rappelle le souvenir de quelque découverte dans le domaine de la technique microscopique, marque en même temps un progrès dans l'évolution de la science neurologique.

Mais la connaissance de la structure propre d'une cellule prise à part ne suffit pas à satisfaire notre curiosité scientifique lorsqu'il s'agit, non plus d'un élément dont les dimensions fort restreintes ne débordent guère le champ du microscope, et dont l'activité s'épuise dans ces étroites limites, mais de ce que nous pourrions appeler une unité cytologique géante, dont les expansions s'étendent bien au delà du corps cellulaire et vont présider, fort loin de lui parfois, dans l'organisme, à des fonctions très diverses, — ce qui est précisément le cas de l'élément nerveux. Nous voulons savoir alors quel chemin suivent les prolongements neuroniens, au delà du point où la technique microscopique directe ne nous permet plus de les poursuivre, en quel endroit ils se terminent, et encore, quelles relations ils contractent avec d'autres prolongements de même nature, pour constituer ce qu'on a appelé les voies nerveuses. Les procédés ordinaires de recherche étant presque complètement impuissants à nous renseigner sur tous ces points, il fallut avoir recours à des méthodes nouvelles qui toutes, sauf la méthode embryologique, procèdent par voie pathologique clinique ou expérimentale.

Grâce aux patients efforts des techniciens, qui furent presque toujours, en même temps, des savants de haute valeur, la neurologie est, à l'heure actuelle, en possession de merveilleux instruments d'investigation. Mais n'est-ce pas le perfectionnement même de son outillage de recherche, qui a donné lieu à de si nombreuses, et parfois si vives controverses sur la constitution même de la cellule nerveuse ? Chaque procédé nouveau ayant révélé la présence, dans le corps cellulaire, de quelque élément jusque-là ignoré, ce corps cellulaire a fini par

paraître beaucoup trop riche. On s'est demandé si son opulence n'était pas un peu surfaite, et si les méthodes ne créaient pas, dans l'élément nerveux, avant de les y découvrir, les particularités nouvelles qu'elles y signalaient.

Une observation préjudicielle nous semble s'imposer à cet égard.

On peut différer d'opinion au sujet du principe intime de la différenciation cellulaire. Certains ne voudront jamais admettre qu'une cellule embryonnaire, en devenant adulte, se transforme, à chaque étape de sa maturation, *en vue* des fonctions qu'elle doit actuellement exercer, et de celles aussi qu'elle exercera plus tard lorsque, arrivée au terme de son évolution ontogénique, elle prendra part à la constitution d'un tissu déterminé et définitif. Mais tous doivent au moins reconnaître qu'il existe, en fait, une adaptation rigoureuse de la constitution des éléments à leur fonctionnement propre ; on ne peut nier, en effet, que le dynamisme cytologique ne requière un substratum anatomique qui lui soit approprié et que, ce substratum venant à être lésé dans un seul de ses constituants essentiels, la fonction n'en subisse immédiatement le contre-coup.

Sans doute, l'adaptation anatomo-fonctionnelle peut être plus ou moins manifeste, et il arrivera souvent, par exemple, que la signification dynamique de tel ou tel détail de structure nous échappera ; mais, d'une part, dans les cas de constitution normale, nous n'observerons jamais de disposition structurale que nous puissions mettre en contradiction évidente avec la fonction de l'élément, et, d'autre part, nous n'arriverons jamais à prendre l'adaptation en défaut dans la cytogénèse régulière, lorsque les objets observés et les conditions de leur développement ontogénique nous permettront d'en suivre l'évolution.

On peut donc, sans trop de témérité, formuler une loi s'étendant à la généralité des cas normaux et affirmant que toute cellule est anatomiquement adaptée à sa fonction.

La cellule nerveuse ne fait point exception.

Chez elle, comme chez toutes les autres, l'organisation interne est en harmonie et avec le rôle qu'elle doit remplir dans l'organisme, et avec celles de ses fonctions qui, directement, ne regardent qu'elle. Or, pour que le reproche qu'on lui adresse de renfermer dans son corps cellulaire trop d'éléments divers méritât considération avant tout examen ultérieur, il faudrait pouvoir affirmer qu'il y a disproportion entre sa richesse de structure et la nature des services qui lui sont demandés. Mais ce dernier point nous échappe. Ce qui nous paraît anatomiquement si compliqué, est peut-être, pour une fonction donnée, le minimum d'organisation capable d'en assurer l'exercice normal.

Et d'ailleurs, connaissons-nous bien, dans leur nature intime, les fonctions elles-mêmes de la cellule nerveuse ?.. Nous constatons des résultats : la cellule nerveuse *est pour quelque chose* dans la sensorialité, dans la motricité, dans la nutrition, dans la sécrétion, etc. ; et nous savons que ce *quelque chose* est essentiel à la production des phénomènes sensoriels, moteurs, nutritifs, etc., mais nous ignorons ce qu'il est dans son fond.

Étant donnée, d'autre part, la diversité des fonctions nerveuses, il faut évidemment s'attendre à trouver, d'un type nerveux à l'autre, des divergences secondaires de structure répondant à une adaptation particulière de la fonction fondamentale. Regarder ces divergences comme le résultat artificiel de l'action des réactifs, et les mettre d'emblée, à ce titre, au compte des hasards de la technique microscopique, serait assurément peu digne d'un homme du métier. Rien ne nous autorise à nous défier des méthodes neurologiques,

quand elles sont appliquées à un matériel d'observation favorable et maniées avec toutes les précautions requises dans de semblables recherches (1).

Ainsi conduite, l'étude de l'élément nerveux a donné d'intéressants résultats que nous nous proposons de résumer ici, en nous attachant de préférence aux notions dont la connaissance nous paraît plus indispensable à l'intelligence de certains problèmes de psychophysiologie.

ARTICLE PREMIER

ANATOMIE DE L'ÉLÉMENT NERVEUX

§ 1. — L'Élément nerveux isolé

A. — MORPHOLOGIE

I. — *Cylindraxe*

L'élément nerveux présente les caractères anatomiques généraux qui appartiennent à toute cellule.

Toute cellule doit être conçue anatomiquement comme une masse de protoplasme structurée, le terme de protoplasme s'appliquant, dans sa signification générique, à deux constituants cellulaires essentiels : l'un, d'ordinaire sphérique et central, qui porte le nom de

(1) Tout récemment, J. Mavvas, A. Mayer et G. Schæffer, après avoir constaté que sous l'influence de certains fixateurs la cellule nerveuse perdait quelques-uns de ses éléments considérés comme essentiels, se sont cru autorisés à formuler l'opinion que le protoplasme des éléments nerveux était peut-être constitué par un simple gel homogène. (*Société de Biologie*, 13 décembre 1913). — Il est presque inutile de faire remarquer que l'on donne de ce fait une explication suffisante en admettant, ce qui d'ailleurs est exact, que la constitution chimique de tous les constituants du protoplasme nerveux n'est pas identique. Il faut par conséquent s'attendre à ce que ces constituants ne se comportent pas de même sous l'action des divers réactifs. Leur destruction par le fixateur, ou leur non révélation, ne prouve donc pas nécessairement leur non existence dans la cellule vivante normale.

noyau, et l'autre, qui est circumnucléaire, dans le cas de la localisation du premier sous forme de noyau, et qu'on appelle le *cytoplasme*.

Nous retrouvons ces deux constituants dans l'élément nerveux, et chacun avec sa structure propre. Mais ce qui attire tout d'abord l'attention, ce ne sont pas les traits que cet élément a de commun avec les autres éléments de l'organisme ; ce sont au contraire ses allures très spéciales, et en tout premier lieu sa conformation si particulière.

Si nous remontons, dans l'histoire de son développement, jusqu'au stade embryonnaire où les lèvres de la gouttière neurale se sont rencontrées et soudées pour constituer le tube médullaire, la future cellule nerveuse, représentée alors par le neuroblaste, issu lui-même de la dernière lignée des cellules médullaires indifférentes, n'offre rien de caractéristique dans sa forme, ni la moindre indication des transformations morphologiques si profondes qu'elle doit subir dans le cours de son évolution. C'est une cellule sensiblement sphérique, à contours réguliers, et dont les dimensions relativement très réduites, permettent de l'enfermer tout entière dans le champ du miscroscope, même aux plus forts grossissements.

Cet état dure peu. Le neuroblaste ne tarde pas à émettre, en un point de la périphérie cytoplasmique, un petit bourgeon dont l'élongation progressive donne bientôt à la cellule l'aspect pyriforme. Quand cette expansion primitive s'est développée en un filament d'une certaine étendue, et suffisamment délié pour former avec le corps de l'élément un contraste assez marqué, elle prend le nom de *prolongement* cellulaire, et son point d'émergence, celui de *pôle*.

Si nous considérons le neuroblaste en lui-même, indépendamment de la position qu'il occupe dans la paroi du tube médullaire, au moment où commence à

se dessiner le petit bourgeon externe destiné à se transformer en prolongement, le point précis où ce bourgeon prend naissance nous paraît quelconque, dans ce sens que rien à la périphérie cellulaire, rien dans la constitution interne cytoplasmique, ne nous permet de le déterminer à l'avance. Mais ce que nous savons, c'est que dans le neuroblaste en place, la région prédestinée à fournir le premier prolongement est normalement celle qui est orientée vers l'endroit du tube médullaire par où passeront les futures racines antérieures de la moelle épinière.

Le sort de l'expansion neuroblastique précoce dont nous parlons, sera précisément de prendre part à la constitution de ces racines. Il faut donc concevoir que cette expansion, après avoir traversé toute la zone marginale du tube médullaire, la limitante externe de ce tube, l'espace vaginal et la limitante méningée, pénètre dans le mésoderme embryonnaire et progresse, en utilisant les interstices cellulaires des différents tissus, vers l'organe dont elle est chargée d'assurer l'innervation. Ainsi, cette terminaison nerveuse que nous observons, par exemple, dans un muscle de la plante du pied, fait corps avec une cellule dont elle n'est qu'une expansion filiforme, et qui siège relativement très loin de là, dans la région lombo-sacrée de la moelle.

Mais quand le prolongement neuroblastique est arrivé à destination, depuis longtemps déjà la cellule qui lui a donné naissance a subi de nouvelles transformations et a pris de telles allures qu'il n'est guère possible de reconnaître en elle le neuroblaste de départ (1). Peu après la production du bourgeon péri-

(1) Neuroblaste, de νεῦρον, nerf et βλαστὸς, germe, désigne étymologiquement la cellule génératrice du nerf. Cette cellule est génératrice par l'intermédiaire du prolongement dont nous venons de parler ; c'est en effet la réunion d'un certain nombre de ces prolongements, de même signification embryogénique, qui constitue essentiellement un nerf.

phérique, amorce du premier prolongement cellulaire, on voit paraître, dans la région diamétralement opposée, un certain nombre d'expansions, d'abord simples, puis ramifiées, de longueur variable, mais qui, du moins pour les cellules qui sont appelées à devenir les éléments radiculaires de la moelle épinière, sont loin d'être aussi développées que le prolongement primitif : elles s'épuisent en effet sur place, dans l'épaisseur de la paroi du tube médullaire.

Le neuroblaste, pourvu de ces deux ordres de prolongements, est arrivé au terme de son évolution morphologique ; il est devenu un *Neurone*.

On entend donc par neurone une cellule nerveuse adulte dont les constituants essentiels sont représentés par un corps cellulaire et deux ordres d'expansions émanées de ce corps.

L'aspect du corps cellulaire, sa forme, ses contours, varient nécessairement avec le nombre, l'emplacement et la grosseur à la base des différentes expansions. Nous n'insisterons pas. C'est surtout avec les caractères morphologiques et les annexes des prolongements qu'il convient de faire plus ample connaissance.

Les cellules nerveuses qui semblent avoir été le plus anciennement et le mieux étudiées, et qui ont servi de types pour la description classique des expansions neuroniennes, sont, avec les cellules pyramidales du cerveau, les cellules radiculaires de la moelle, dont le premier prolongement neuroblastique prend part à la constitution de la racine antérieure.

Ce prolongement, le premier en date, naît du corps cellulaire par un étirement conique de la zone superficielle en son point d'émergence. Son diamètre n'est pas uniforme sur tout son trajet. Assez près du corps cellulaire, il s'étrangle parfois, ou du moins s'amincit sensiblement ; mais il reprend bientôt son premier calibre, qu'il garde sur le reste de son parcours, jusqu'au

moment où il s'épuise en fins ramuscules dans les organes qu'il dessert. Sa surface est lisse et régulière. Ses contours, nets et rigides, donnent bien l'impression très heureusement traduite par Van Gehuchten quand il dit qu'ils sont « comme taillés à l'emporte-pièce (1)». Sa marche générale est à peu près rectiligne ; quand il change de direction, il le fait d'ordinaire par des flexions brusques et raides.

Ces quelques caractères semblent s'appliquer à tous les prolongements de même signification que celui dont nous parlons maintenant, en quelque endroit du système nerveux central qu'on les rencontre. Les particularités qui s'ajoutent, suivant les cas, à ces traits généraux, ne consistent guère que dans la présence de ramifications collatérales plus ou moins abondantes et dans les dimensions, assez variables, du prolongement, depuis son cône d'origine jusqu'au point de terminaison de son rameau principal.

A côté de ces données morphologiques, il importe d'en signaler une autre qui, bien qu'elle ne soit pas propre à la constitution même du prolongement, a joué un trop grand rôle dans son étude et a des relations trop importantes avec son physiologisme, pour qu'il soit permis de la passer sous silence.

Dans le système nerveux adulte, le prolongement cellulaire qui entre dans la constitution d'une racine antérieure spinale, après être sorti de la masse nerveuse centrale médullaire connue sous le nom de substance grise, s'engage dans la zone marginale de la moelle, appelée, elle, substance blanche. On sait que cette dernière doit sa coloration caractéristique à la présence d'une matière azotée spéciale, très riche en phosphore, blanche et d'aspect réfringent : la

(1) *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 4e édition, p. 160.

myéline (1). Or la myéline n'est pas disposée n'importe comment dans la substance blanche. Elle y est localisée autour des prolongements cellulaires sous forme de manchon qui les entoure complètement et les isole les uns des autres. Cette sorte de gangue myélinique accompagne le prolongement sur tout son trajet, même en dehors des centres, s'il s'agit d'un prolongement périphérique, et jusqu'au point où celui-ci va entrer en contact avec l'organe qu'il a charge d'innerver. La myéline elle-même est maintenue en place autour du prolongement par une membrane externe (membrane de Schwann) qui l'enveloppe, et qui d'ailleurs n'est autre chose que la membrane d'une cellule spéciale, qui s'est moulée tout autour du prolongement et différenciée en vue de l'élaboration de la myéline au sein de son propre cytoplasme. On conçoit qu'une série linéaire de ces cellules myélogènes, aboutées les unes aux autres, tout le long du prolongement nerveux, constituent autour de lui un cylindre dont il occupe l'axe, d'où le nom de *cylindraxe* sous lequel ce prolongement est généralement connu (2).

Or, ce qui constitue le grand intérêt du revêtement myélinique, c'est la date de son apparition, ainsi que la réaction dont il est le siège à la suite de la lésion du prolongement qu'il entoure.

La myéline commence à se développer vers le milieu du cinquième mois de la vie intra-utérine, chez l'homme ; mais elle n'envahit pas en même temps tous les prolongements qu'elle est destinée à recouvrir chez l'adulte.

Flechsig a réussi à déterminer avec une approxi-

(1) Ce nom de myéline a été donné par Virchow à un extrait gras retiré de diverses substances organiques, et en particulier de la substance cérébrale. La myéline est un mélange semi-liquide très complexe de protagon (lécithine et cérébrine), de cholestérine, de matières albuminoïdes et de corps gras.

(2) Le cylindraxe a encore été appelé prolongement cylindraxile, prolongement de Deiters, prolongement principal, neurite, axone.

mation satisfaisante les principales étapes de cet envahissement. Ses observations nous ont appris que la myélinisation suit une marche régulière, caractérisée par ces deux particularités, à savoir que chez des embryons de même âge ce sont toujours les mêmes fibres qui sont myélinisées, et que les fibres qui se myélinisent en même temps sont aussi celles qui remplissent les mêmes fonctions.

Enfin, des recherches de Bechterew, Van Gehuchten croit pouvoir conclure que « pour qu'une fibre nerveuse du système nerveux cérébro-spinal puisse remplir sa fonction physiologique, elle doit être arrivée à l'état de développement complet et être devenue une fibre myélinique (1) ». Sans doute, la myéline n'est pas indispensable à l'exercice de la fonction nerveuse comme telle, puisqu'il existe des fibres qui en sont normalement dépourvues toute la vie, et qui n'en fonctionnent pas moins parfaitement, et rien, d'autre part, n'indique d'une façon péremptoire qu'il y ait, dans les fibres normalement myélinisées, une relation de cause à effet entre l'apparition de la myéline et le fonctionnement de la fibre ; mais n'y eût-il entre ces deux faits : la myélinisation d'une fibre nerveuse et sa maturation fonctionnelle spécifique, qu'une simple coïncidence de temps, que le phénomène n'en serait pas moins intéressant, ni moins précieux pour l'étude anatomo-physiologique du système nerveux.

Ce n'est pas seulement, d'ailleurs, la phase d'élaboration de la myéline qui peut servir à cette étude ; sa phase de désintégration, ou de dégénérescence, est tout aussi instructive à ce point de vue. On connaît depuis longtemps déjà (1856) les réactions essentielles qui se passent dans le tronçon périphérique d'une fibre séparée de sa cellule d'origine. Waller le premier les

(1) *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 4e édition, 1906, p. 348.

a signalées et en a formulé les lois : dégénérescence wallérienne, lois de Waller. Celles de ces réactions qui intéressent la myéline sont d'ordre à la fois physique et chimique. Physiquement, le manchon myélinique, normalement d'apparence homogène dans chacun de ses tronçons secondaires, se résout d'abord en grosses gouttelettes qui s'émulsionnent ensuite. Chimiquement, on constate, dans le bout périphérique du nerf lésé, une augmentation sensible de la quantité d'eau, s'accompagnant de la saponification de la lécithine myélinique.

Il nous semble que ces transformations profondes, déterminées par l'état pathologique du prolongement nerveux axial, exigent, entre ce prolongement et sa gaine de myéline, d'autres rapports que ceux d'une simple contiguité, et qu'en plus de la coïncidence de temps dont nous parlions tout à l'heure entre la maturation fonctionnelle et la myélinisation d'une fibre, il faut sans doute admettre, entre fibre et myéline, des influences réciproques dont le retentissement sur l'acte nerveux serait sans doute fort intéressant à connaître, mais qui est resté jusqu'ici complètement ignoré.

En revanche, la myéline physiquement et chimiquement modifiée se comporte, vis-à-vis de certains colorants, autrement que la myéline normale, circonstance qui permet de poursuivre, avec la plus grande facilité, le prolongement nerveux, depuis le point lésé, soit jusqu'au voisinage de sa terminaison dans les organes périphériques, soit jusqu'au point exact où il s'épuise dans la substance blanche du névraxe.

II. — *Dendrites*

Nous avons dit qu'après avoir émis son premier prolongement, le neuroblaste du tube médullaire donnait naissance, dans la région diamétralement opposée,

à une ou plusieurs expansions nouvelles. Celles-ci, dans l'élément adulte, présentent à leur origine une base d'ordinaire beaucoup plus large que celle du cylindraxe, mais leur calibre se réduit très vite, si elles sont à court trajet. Dans ce cas, elles s'épuisent au voisinage du corps cellulaire, après avoir fourni des collatérales assez nombreuses qui peuvent, en se divisant et subdivisant elles-mêmes, s'épanouir en frondaisons extrêmement riches.

La marche de ces expansions est généralement beaucoup plus capricieuse que celle de l'axone, et leurs contours sont assez irréguliers. Leur mode de terminaison en ramifications arborescentes leur a fait donner le nom de *dendrites* (de δενδρίτης, arborisation). On les appelle aussi *prolongements protoplasmiques*. L'expression est admise, mais elle est impropre, l'axone étant de nature protoplasmique, tout aussi bien que les dendrites (1).

Ces deux ordres d'expansions, axone et dendrites, n'ont pas seulement de commun, d'ailleurs, leur nature protoplasmique ; elles peuvent présenter aussi morphologiquement des caractères généraux identiques. C'est même le cas dans un assez grand nombre de neurones, comme ceux des ganglions cérébraux et spinaux ; ceux de la couche moléculaire du cerveau qui portent le nom de grandes cellules horizontales ; ceux qui constituent les grains du bulbe olfactif. La ressemblance, chez certains neurones, porte même jusque sur le dispositif annexe. Ainsi, le prolongement dendritique d'une cellule d'un ganglion cérébral ou spinal est protégé par un revêtement de cellules à myéline, tout comme le prolongement axonien, en sorte qu'il devient lui aussi, *morphologiquement*, un véritable cylindraxe.

(1) Ce qui est surtout évident dans certains cas particuliers où on voit l'axone prendre naissance sur une base dendritique.

Par contre, l'axone des neurones qui sont tout entiers dans la substance grise, est, comme les dendrites, un prolongement nu et, de ce chef, ne mérite pas plus que les dendrites le nom de prolongement cylindraxile. Enfin, le caractère différentiel assez constant de la longueur comparative des expansions, s'efface dans certains cas, et le prolongement dendritique, d'ordinaire notablement plus court que le prolongement cylindraxile, peut devenir tout aussi long, ou beaucoup plus long même, comme cela a lieu pour certains neurones des ganglions spinaux.

Mais nous verrons, en parlant de la physiologie de l'élément nerveux, que si les deux ordres de prolongements neuroniens, dont nous venons d'indiquer les caractéristiques essentielles, ne sont pas toujours sensiblement différents l'un de l'autre par leurs aspects morphologiques, il existe du moins entre eux une différence fonctionnelle constante.

III. — *Corps cellulaire*

La partie du neurone qu'on peut regarder comme la partie principale, en raison de sa priorité d'existence et de son rôle génétique à l'égard des autres parties, est celle qui est interposée entre le cylindraxe et les dendrites, et qui constitue, dans l'élément adulte, ce qu'on a appelé le *corps cellulaire*.

C'est l'ancienne cellule neuroblastique, sphérique au début de son évolution, mais dont les contours se sont parfois singulièrement déformés, par le fait de l'émission de prolongements plus ou moins nombreux et volumineux. Sauf le cas des neurones unipolaires ou équivalemment tels, et celui des neurones bipolaires opposito-polaires, le corps cellulaire sera donc toujours très irrégulier et ne réalisera qu'avec une très grande liberté d'allures le type morphologique polyédrique,

auquel on peut rattacher tous les corps cellulaires à forme mal définie. Les dimensions elles-mêmes sont très variables, et d'ailleurs certaines expansions dendritiques prennent naissance par des cônes d'émergence à base tellement évasée qu'il devient fort délicat d'assigner le niveau où commence le prolongement et où finit le corps cellulaire.

B. — CONSTITUTION INTERNE

Le neuroblaste primitif d'où dérive l'élément nerveux adulte réalise la conception générale qu'on doit se faire de toute cellule. Il présente une masse interne, centrale, le noyau, et une zone de cytoplasme circumnucléaire. Les modifications qu'il subira au cours de sa maturation ne lui feront perdre aucun de ces constituants essentiels. Le neurone sera cette même cellule, transformée sans doute, mais présentant toujours les mêmes caractères généraux internes : noyau central et cytoplasme périphérique.

Étudier la constitution interne de l'élément nerveux, c'est donc étudier la constitution de son noyau et de son cytoplasme.

Parlons tout d'abord de ce dernier. C'est d'ailleurs celui que son extrême complexité signale immédiatement à l'attention, et celui aussi que l'on s'accorde à regarder comme jouant le rôle le plus important, sinon le rôle exclusif, dans la fonction nerveuse.

I. — *Cytoplasme*

1° GÉNÉRALITÉS SUR LA CONSTITUTION CYTOPLASMIQUE

Ce n'est évidemment pas de conceptions *a priori* que nous devons partir pour nous faire une idée de ce que doit être la constitution cytoplasmique d'un élément nerveux. Ne pourrait-on pas cependant, avant toute

observation directe, émettre à ce sujet quelques hypothèses, non pas d'ailleurs absolument gratuites, mais fondées sur des lois biologiques générales fermement établies ?...

Nous avons déjà fait allusion à celle de ces lois qui veut que toute fonction organique s'exerce par l'intermédiaire d'un substratum anatomique approprié. C'est dans ce sens que l'on a pu dire qu'il n'existe pas *de protoplasme*, mais *des protoplasmes*, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de protoplasme indifférent, que tout protoplasme est fonctionnel, et qu'il existe autant de protoplasmes anatomiquement différents, qu'il existe de fonctions protoplasmiques diverses. Si donc il est une fonction qui soit commune à toute cellule, une *fonction banale*, comme la fonction de nutrition, par exemple, on peut se demander s'il n'y a pas aussi au moins un peu de protoplasme, qu'on retrouve identique partout où il existe de la substance qui se nourrit, c'est-à-dire dans toute cellule vivante ; un peu de protoplasme banal, chargé d'assurer l'exercice de la fonction banale. Certains biologistes l'ont pensé, et leur opinion s'autorise d'observations qui peuvent paraître convaincantes. Citons seulement le cas de la cellule musculaire. Quand les myofibrilles de cette cellule se différencient aux dépens du cytoplasme embryonnaire, toute la masse cytoplasmique ne prend point part à cette évolution. Une certaine quantité, plus ou moins considérable et diversement distribuée dans la fibre suivant les espèces animales, persiste dans l'élément adulte, et tout porte à croire que si les choses se passent de la sorte, c'est que les myofibrilles se spécialisent à un si haut degré dans la fonction de contractilité, qu'elles deviennent inaptes à tout autre service cytodynamique. C'est le cytoplasme respecté par la différenciation myofibrillaire qui assure, dans la fibre musculaire, les fonctions autres que la contractilité,

et que la fibre a de communes avec les autres cellules de l'organisme.

Si les faits permettaient de généraliser cette observation, il faudrait étendre à tous les éléments cytologiques la théorie des deux constituants figurés du cytoplasme : un constituant auquel Strasburger a donné le nom de *trophoplasma*, pour indiquer son rôle simplement nutritif, et qui est l'unique constituant de la cellule tant que d'autres fonctions ne sont pas venues s'ajouter chez elle à la fonction de nutrition, — et un constituant, différencié aux dépens du constituant trophoplasmique ordinaire, et que Strasburger a appelé *kinoplasma*, pour faire ressortir son mode particulier d'activité. Prenant, qui a doté ce second constituant d'une appellation nouvelle, le « protoplasma supérieur », parce que « cette substance... apparaît le mieux et qu'elle est la plus connue dans les circonstances où l'activité de la cellule est exaltée (cellules en division, cellules glandulaires en voie d'élaboration) et où le protoplasma prend une qualité véritablement supérieure » (1), ne doute pas du bien fondé de cette conception dualiste universelle : « On est ainsi conduit, dit-il, à admettre dans tous les éléments cellulaires, l'existence d'une substance protoplasmique différenciée du protoplasme ordinaire (2) ».

Remarquons toutefois qu'alors même qu'il serait nécessaire d'admettre l'existence, dans toute cellule, d'un constituant cytoplasmique différencié, qui serait le substratum d'une fonction spéciale, et d'un constituant cytoplasmique « ordinaire » chargé d'assurer la fonction banale de nutrition, il ne suivrait point de là que ce dernier doit affecter dans tous les éléments les mêmes caractères, soit physiques, soit chimiques, soit

(1) *Traité d'histologie*, par A. Prenant, P. Bouin et L. Maillard, I, p. 62, Paris, 1904.

(2) *Ibidem*.

structuraux. La nutrition, en effet, a pour but de maintenir la cellule dans son intégrité anatomique et fonctionnelle. Elle doit donc, quand il en est besoin, pourvoir à la réfection du « kinoplasma » lui-même, et comme il y a autant de variétés de kinoplasmes qu'il y a de variétés dynamiques, ne faut-il pas admettre qu'il doit exister aussi tout autant de variétés trophoplasmiques ou kinoplasmogènes ? Le trophoplasme qui a donné les myofibrilles de la cellule musculaire, et qui à tout instant les répare, ne ressemble probablement pas à celui qui dans la cellule nerveuse a donné les neurofibrilles et veille à leur conservation. Si l'on dit que le cytoplasme différencié (myofibrilles, neurofibrilles, etc.) se charge lui-même de refaire sa propre substance, au fur et à mesure que se produit sa désintégration par l'exercice même de son activité vitale, on lui attribue la fonction trophique, et il n'est plus vrai d'affirmer qu'il subsiste dans tout élément une certaine quantité de cytoplasme ordinaire exerçant à lui seul cette fonction.

D'autre part, est-il aussi universellement établi que le pensent quelques auteurs, qu'il subsiste nécessairement, dans la cellule adulte, du cytoplasme trophique, à côté du cytoplasme dit supérieur ? S'il faut l'admettre, c'est, ou bien parce qu'il est prouvé que tout cytoplasme hautement différencié est devenu, en raison même de sa différenciation, incapable d'exercer certaines fonctions élémentaires, comme la fonction de nutrition, ou bien parce que, en fait, on a constaté, dans tous les types cellulaires connus, l'existence normale de plusieurs sortes de cytoplasmes.

Or, rien ne prouve qu'une différenciation, si spéciale qu'elle soit, enlève à un élément — ou partie d'élément — anatomique la possibilité de s'acquitter des fonctions dites ordinaires, et qu'il soit nécessaire d'admettre dans une cellule autant de structures distinctes que la phy-

siologie y relève de dynamismes vitaux divers. Nous ignorons totalement quel degré de spécialisation doit subir un substratum anatomique pour devenir impropre à l'exercice de ses fonctions antérieures, et si une partie de cellule qui nous paraît très hautement différenciée ne peut pas néanmoins assurer normalement d'autres services que ceux pour lesquels elle s'est spécialement modifiée. L'étude des êtres unicellulaires dont nous avons parlé au début de ce travail nous montre à quel point un même protoplasme peut exercer le cumul des fonctions, et il ne semble pas que nous soyons autorisés à affirmer que la substance protoplasmique, dans les êtres plus élevés en organisation, est dépourvue, dans tous les cas, de cette faculté d'adaptation d'une même structure à des fonctionnements variés.

Quant à l'observation cytologique, elle n'a pas encore tranché la question. On nous dit que la pluralité de structures existe nécessairement dans toute cellule, et qu'il faut en poursuivre la recherche, sans se décourager, dans les éléments où on n'a pas encore réussi à la mettre en évidence. Soit ! Mais en attendant, une très grande réserve, croyons-nous, est absolument de rigueur.

Prenant a cru pouvoir s'en départir à l'égard de la cellule nerveuse. On sait, dit-il, « que le système nerveux conduit les excitations venues du monde extérieur dans tout l'organisme et jusqu'aux organes chargés de réagir, et l'on admet généralement en outre qu'il modifie les excitations qui le parcourent, lors de leur passage à travers ses cellules constitutives. On reconnaît donc au système nerveux un *double rôle, conducteur et producteur*... Deux structures différentes doivent être représentées dans la *substance nerveuse*, correspondant à ces deux fonctions fondamentales : l'une est la *substance conductrice* et l'autre la *substance pro-*

ductrice (1) ». Celle-ci, d'après l'auteur, serait une substance à fonction glandulaire, « sécrétant quelque chose de matériel » qui modifierait le « mouvement nerveux » reçu du dehors. A la vérité, que la cellule nerveuse contienne « une substance productrice et se comporte comme un élément glandulaire », c'est bien de l'étude cytologique de cette cellule que cela ressort, ajoute Prenant, mais « mieux encore, d'un essai d'interprétation physiologique des phénomènes nerveux (2) ».

Ces derniers mots indiquent assez combien vagues doivent être les données de l'observation cytologique, puisqu'on est réduit à leur préférer des suppositions tirées « d'un essai d'interprétation physiologique ».

Le cas est d'autant plus embarrassant que deux structures ne suffisent pas à expliquer le dynamisme complexe de la cellule nerveuse, si l'on veut à tout prix spécialiser les fonctions dans leur substratum anatomique, comme elles le sont dans leur activité physiologique. Et en effet, Prenant lui-même, après avoir remarqué que les cellules nerveuses « ont d'abord la *structure des cellules ordinaires* », puis, qu'elles « possèdent, en outre, des attributs de *cellules glandulaires spéciales* », enfin, qu'elles ont « la qualité de *cellules conductrices* », conclura logiquement : « De là trois structures enchevêtrées, correspondant à ces trois caractères fonctionnels ». « Leur enchevêtrement, ajoute l'auteur, fait de la cellule nerveuse un des éléments dont la constitution cytologique est le plus difficile à débrouiller (3) ».

Mais peut-être la réalité est-elle beaucoup plus simple. Que l'on puisse mettre en évidence trois ordres de constituants figurés dans le cytoplasme de la cellule

(1) *Traité d'histologie*, déjà cité, p. 323.
(2) *Ibid.*, p. 326, 327.
(3) *Ibid.*, p. 377.

nerveuse, cela n'est point douteux. Mais les a-t-on jamais mis en évidence *simultanément ?*... Et si on les révèle séparément, par l'emploi de techniques différentes, certains de ceux que nous montre une technique donnée, ne sont-ils pas ceux-là même qu'une autre technique avait permis d'observer précédemment, mais un peu modifiés dans leurs caractères accidentels ?...

C'est un point sur lequel nous aurons à revenir. Contentons-nous pour le moment de l'avoir signalé, et abordons immédiatement la description objective du cytoplasme nerveux.

2° — DESCRIPTION DES CONSTITUANTS ANATOMIQUES

On sait, de par la cytologie générale, que tout corps cellulaire présente, au point de vue de sa constitution, deux parties bien distinctes : une partie amorphe et une partie figurée. Ces deux parties se rencontrent dans le cytoplasme de la cellule nerveuse, comme dans son noyau.

1. — *Constituant amorphe*

Le constituant cytoplasmique amorphe est un liquide dont les propriétés nous sont connues avec trop d'imprécision pour que son étude, dans ce travail, nous retienne longtemps. Il est à souhaiter que la biochimie arrive à définir plus exactement sa composition, dans les limites où le permettra son extraordinaire instabilité, en même temps que la physiologie précisera davantage son rôle, dont on ne fait guère encore que soupçonner l'importance considérable. Les anciennes expériences de cytoplasmolyse auraient dû pourtant intéresser depuis longtemps déjà les biologistes à ce constituant amorphe par trop dédaigné. Il a fallu, pour lui concilier leur bienveillance, que le mouvement scientifique actuel vers les recherches physiologiques

et chimiques concernant les phénomènes du métabolisme, obligeât à tenir compte de son existence.

Les aliments, après avoir subi dans le tube digestif, en vue de leur utilisation future, une préparation préliminaire, passent dans le milieu intérieur sanguin (1). Ce milieu, bien qu'intérieur à l'organisme, est pourtant extracellulaire ; or, certains du moins des matériaux qui doivent être utilisés par les cellules, sont astreints à passer dans un milieu plus intérieur encore, à devenir intracellulaires. En attendant que ces matériaux soient *assimilés*, c'est-à-dire, au sens restreint donné jusqu'ici au mot *assimilation*, qu'ils deviennent partie intégrante du substratum vivant, ou bien en attendant qu'ils soient employés tels quels, sans assimilation préalable, par ce substratum, pour l'exercice de ses fonctions spécifiques, ces matériaux séjournent dans le constituant amorphe, soit à l'état de dissolution, soit à l'état de simple suspension.

C'est là que la cellule nerveuse puisera les éléments chimiques nécessaires à la réparation de son constituant figuré. On s'accorde, il est vrai, à considérer la cellule nerveuse adulte comme un *élément fixe*. Et sans doute il y a fixité, dans ce sens que l'élément ne subit plus le phénomène de cytodiérèse (et cela depuis son stade neuroblastique) ; fixité aussi, du fait qu'il ne disparaît pas tout entier à un moment donné pour faire place à un élément nouveau issu de la division d'une cellule nerveuse voisine : il n'y a jamais rénovation totale du tissu nerveux, comme il y a rénovation totale du tissu épidermique. Mais il ne faut probablement pas entendre cette fixité dans ce sens que les éléments chimiques de la cellule restent toujours individuellement les mêmes, à partir du jour où le neurone s'est constitué dans sa

(1) Le tube digestif est un milieu extérieur aux tissus ; il peut être considéré comme le prolongement à travers l'organisme du milieu extérieur ambiant avec lequel il est en relation par l'orifice buccal et l'orifice anal.

forme définitive. La raison en est que le travail nerveux, pour autant qu'on le considère comme exigeant l'intermédiaire d'une structure anatomique, ne peut pas s'accomplir sans une usure, si minime qu'on le voudra, mais réelle, de cette structure.

Enfin, il paraît s'établir de plus en plus solidement que les différentes réactions intracellulaires ont pour agents immédiats des ferments élaborés par la cellule elle-même. Or ces ferments sont probablement déversés dans le milieu amorphe. Celui-ci, de ce chef, n'est plus seulement un lieu d'attente pour les matériaux non encore utilisés ; il devient comme un accumulateur de substances énergétiques, et peut-être l'endroit même de la cellule où se fait la synthèse micellaire réparatrice de la structure vivante, et où s'accomplissent beaucoup d'autres réactions très complexes d'analyse et de resynthèse, sur lesquelles il n'est pas à propos d'insister ici.

Ce que nous venons de dire suffit à faire entrevoir combien on risquerait de se tromper en se représentant le constituant liquide de la cellule nerveuse comme un milieu inerte et sans influence directe notable sur le développement des processus vitaux communs. Peut-être même un jour sera-t-il possible de pousser plus loin ces conclusions et de trouver dans l'action de cette substance amorphe où baigne la trame fibrillaire, l'explication de certaines particularités propres aux processus nerveux.

2. — *Constituants figurés*

La trame fibrillaire dont nous venons de parler est un constituant figuré du cytoplasme. Ce n'est point le seul ; mais il semble le plus important, et en tous cas c'est à son sujet que se sont livrées, ces dernières années, entre neurologistes, les plus chaudes batailles.

Il nous paraît, à ces titres, mériter une attention toute spéciale.

A. — *Trame neurofibrillaire*

La cellule nerveuse embryonnaire, ou neuroblaste, ne présente dans sa trame cytoplasmique, étudiée à l'aide des méthodes cytologiques ordinaires, rien de particulier. Le noyau, relativement volumineux, réduit considérablement la zone cellulaire périphérique. Celle-ci, que nous n'avons jamais réussi à colorer que très faiblement, quels que soient d'ailleurs les embryons auxquels nous nous sommes adressé (mammifères, oiseaux, batraciens, vers), présente un aspect granuleux et finement réticulé.

Mais si l'on traite par le procédé à l'argent réduit de Cajal un pareil élément nerveux, même avant qu'il n'ait émis son premier bourgeon, ébauche du futur cylindraxe, on met en évidence, dans la région cytoplasmique qui sera précisément la région d'émergence du premier bourgeon, quelques fibrilles flexueuses, qui dessinent dans la zone la plus superficielle les linéaments d'un réseau assez grossier : ce sont les premières neurofibrilles.

La croissance du réseau embryonnaire se fait de la zone fibrillogène vers le noyau, d'une part, et d'autre part, vers le cône d'origine du prolongement et dans ce prolongement lui-même, au fur et à mesure de son développement. Le même phénomène se passe dans toutes les régions du cytoplasme où prennent naissance des expansions nouvelles.

Cette description n'a pas la prétention d'embrasser tous les cas ; mais à s'en tenir aux traits essentiels, c'est ainsi, assez généralement, que les choses se passent. Quelles que soient d'ailleurs les modalités d'apparition, de développement, et, en fin de compte, d'envahissement total du corps cellulaire et de ses

prolongements, c'est-à-dire du neurone, par l'appareil neurofibrillaire, ce qu'il importe de noter, c'est que cet appareil appartient bien en propre à la cellule nerveuse. C'est un point qui à l'heure actuelle, grâce aux recherches embryologiques d'un grand nombre de neurologistes distingués, et en tout premier lieu, du célèbre Professeur S. Ramon Cajal, est définitivement établi. C'est pourquoi nous jugeons inutile de rappeler ici, même en les résumant, les longues et ardentes controverses auxquelles a donné lieu la théorie polygénésique ou caténaire, qui regarde les neurofibrilles comme un produit de différenciation d'un certain nombre de cellules étrangères disposées en série linéaire (en chaîne), sur le trajet du nerf futur.

Ce qui est beaucoup moins bien établi que l'origine et le mode de développement topographique du réseau neurofibrillaire, c'est sa constitution intime. Cette question se rattache à un problème d'une portée très générale. Nous avons fait remarquer plus haut que si le noyau et le cytoplasme de n'importe quelle cellule, ont chacun leurs caractéristiques fonctionnelles aussi bien que morphologiques, ils ne constituent pourtant pas deux individualités vitales absolument indépendantes l'une de l'autre. Toute intervention qui les sépare les tue. Leur mort n'est cependant pas immédiate, d'où la nécessité de conclure que chaque partie a bien réellement une vie à elle, encore que cette vie ne puisse sortir son plein, normal et durable effet, que par l'union des deux constituants dans l'unité symbiotique cellulaire.

En serrant la question de plus près, on arrive à se demander si chacun de ces deux constituants n'est pas lui-même réductible à des unités vitales plus simples encore, et, puisque nous parlons de neurofibrilles, s'il ne faut pas concevoir ces formations cytoplasmiques comme résultant de la symbiose de particules vivantes

de même espèce, soit microscopiques, *neurosomes*, soit ultramicroscopiques, *neurotagmes*, *neurobiones*. C'est, on le voit, appliquée à l'appareil fibrillaire neurosomatique, la théorie micellaire générale de Nægeli (1).

La question, en elle-même, n'est pas nouvelle, mais peut-être s'est-elle posée ces dernières années avec un peu plus de précision qu'autrefois, du fait de l'observation des phénomènes de survie, de dégénérescence et de régénération des neurofibrilles des prolongements nerveux, dans le cas de lésion de ces prolongements. Cajal croit pouvoir conclure de ses propres recherches sur cette question, que « la cellule est une association symbiotique de plusieurs vies ultra-microscopiques ; mais ces vies élémentaires se sont accommodées si étroitement à la réalisation d'un acte spécial qu'aussitôt que la collaboration des autres compagnes leur manque, elles succombent irrémédiablement » (2).

D'après cette conception, les transformations du réseau neurofibrillaire sous l'influence de diverses actions pathologiques accidentelles ou expérimentales, s'expliqueraient assez facilement. A l'état normal, le réseau serait constitué par la juxtaposition en séries linéaires d'un nombre considérable de neurobiones. Le groupement en séries épaisses constituerait les filaments ou trabécules primaires, et le groupement en séries plus déliées, les filaments ou trabécules secondaires. Or, on conçoit que sous l'influence de causes multiples, soit chimiques, soit physiques, il pourrait se produire des modifications assez sensibles dans l'arran-

(1) Il faut entendre par *micelle* le plus petit agrégat moléculaire qui possède toutes les propriétés du corps considéré.

(2) Les métamorphoses précoces des neurofibrilles dans la régénération et la dégénération des nerfs. *Travaux du Laboratoire de recherches biologiques de l'Université de Madrid*, t. V, 1907, p. 94.

Il est à peine besoin de faire remarquer que cette conception de la cellule ne contredit en rien la doctrine philosophique de la forme substantielle.

gement des neurobiones et, par suite, dans la figure neuroréticulaire totale.

La constitution ultramicroscopique des neurofibrilles rendrait compte aussi de ce fait que les gros filaments réticulaires affectent une disposition parallèle dans les prolongements, et peuvent se poursuivre directement, à travers le corps cellulaire, d'un prolongement protoplasmique au prolongement cylindraxile : les neurobiones doivent en effet s'aligner suivant le sens de la marche de l'ondulation nerveuse, dans leurs travées principales.

Que les neurobiones enfin soient des unités vivantes, leurs phénomènes de nutrition, de mouvement actif et de multiplication, suffisent à le prouver. Leur vitalité est sans doute sous la dépendance étroite de l'activité du noyau, mais non pas sous sa dépendance absolue, comme le démontre la suractivité momentanée du bout périphérique des neurofibrilles séparées du corps cellulaire.

Cajal émet encore un certain nombre d'autres considérations sur lesquelles nous n'insisterons pas. L'auteur lui-même a d'ailleurs pris la sage précaution de faire remarquer « que cette conception n'est rien d'autre qu'une conjecture qui a besoin d'être confirmée... Il est certain qu'à mesure que nous connaîtrons mieux la structure du réticulum et le mécanisme des processus chimiques qui ont lieu dans le protoplasme nerveux, l'hypothèse sera corrigée et améliorée ou peut-être totalement transformée (1) ».

Telle quelle cependant, peut-être pourrait-elle nous fournir une explication assez vraisemblable de l'aspect singulier, connu sous le nom de *striation de Frommann*, que présentent les expansions cellulaires, et les cellules elles-mêmes, dans certaines conditions de traitement.

(1) *Ibid.*, p. 101.

Ces conditions, d'ailleurs, sont assez mal définies. Frommann obtenait ses stries en exposant à la lumière des fibres nerveuses préalablement soumises à l'action du nitrate d'argent. Par un procédé tout autre, et employé aussi dans un but tout différent, nous avons réalisé nous-même, chez les insectes, la production de l'aspect strié des prolongements nerveux. Quoi qu'il en soit de la technique, l'aspect lui-même résulte de la superposition de bandes transversales alternativement claires et obscures, dont l'ensemble donne une image très semblable à celle d'une fibre musculaire striée.

Or, c'est bien à la coloration des neurofibrilles qu'est dû cet aspect particulier. Quand, en effet, on est arrivé à dissocier l'extrémité du prolongement de manière à en bien individualiser les fibrilles, on remarque que chacune de celles-ci reproduit élémentairement la même image striée que celle de l'ensemble : alternance régulière d'espaces clairs et d'espaces sombres.

On peut donner de ces faits, soit une explication physique, soit une explication chimique.

L'explication physique admettrait que les neurofibrilles sont constituées par des granulations ultramicroscopiques (neurotagmes, neurobiones) dont la concentration, très dense à certains niveaux, donnerait des granulations microscopiques (neurosomes) groupées en petits disques sombres. Une densité moindre des mêmes unités neurofibrillaires constituerait les intermédiaires clairs.

On peut aussi supposer que les disques clairs et les disques sombres sont constitués par des neurobiones d'espèce chimique différente, les uns ayant la propriété de réduire l'argent (neurobiones des disques sombres), et les autres en étant dépourvus (neurobiones des disques clairs).

Il semble bien que cette explication chimique soit la vraie. Il existe, en effet, au niveau des bandes sombres,

une véritable réduction, et il ne paraît pas y en avoir au niveau des bandes claires : une simple raréfaction, ou diminution de densité des neurobiones, ne suffirait pas à expliquer un semblable aspect.

Peut-être, d'ailleurs, la façon dont se comportent les neurofibrilles, vis-à-vis des sels d'argent, à leurs différents niveaux, relève-t-elle à la fois de particularités physiques et chimiques.

A supposer que l'hypothèse de la constitution neurobionique dont nous venons de parler, soit conforme à la réalité, il reste encore à déterminer comment s'opère l'organisation primordiale du réseau neurofibrillaire.

Faut-il interpréter l'apparition des premières neurofibrilles comme le fait de la différenciation chimique d'une partie du réticule cytoplasmique primitif, se traduisant par l'aptitude à fixer l'argent à l'état colloïdal ?... Dans ce cas, la croissance, au début, du réseau ne serait pas autre chose que le résultat de la différenciation progressive de la trame cytoneuroblastique préexistante.

Ne doit-on pas, au contraire, regarder l'appareil neurofibrillaire comme une formation totalement nouvelle, coexistant avec le réseau somatique embryonnaire non différencié ?... Dans ce cas, l'envahissement de la plage circumnucléaire par le réticule argentophile se ferait par addition successive de neurobiones. C'est ainsi d'ailleurs, même dans la première hypothèse, que doit se développer ultérieurement la charpente neurofibrillaire, quand la cellule continue de grandir, alors que son cytoplasme originel est déjà complètement différencié.

L'observation directe n'a pas encore tranché cette question. Lorsqu'apparaît la première ébauche du réseau sensible à l'imprégnation par les sels d'argent, elle ne consiste souvent qu'en une seule trabécule relativement épaisse, courte et repliée sur elle-même.

Or, même à ce stade, qui semble se prêter beaucoup mieux que les stades à réseau plus fourni à l'étude des relations entre les neurofibrilles naissantes et la formation finement réticulée, déjà existante et qui ne s'imprègne pas, il est impossible d'affirmer si la trabécule argentophile de première date est une trabécule ancienne chimiquement différenciée, ou un élément néoformé.

Nous croyons pourtant devoir rejeter cette dernière solution. Nous tenons comme plus probable que le réseau neurofibrillaire débute par la différenciation du réseau cytoplasmique banal, et cela, parce que, à l'état adulte, la cellule nerveuse ne possède qu'un seul réseau, le réseau neurofibrillaire ; or il nous paraît plus conforme aux données générales de la cytogénèse d'admettre que si le réseau banal a disparu, ce n'est point par le fait d'un processus quelconque de résorption, mais comme conséquence de sa transformation sur place en un appareil réticulé chimiquement différent.

On pourrait, il est vrai, poser la question de savoir s'il n'existe en réalité qu'un seul réseau somatique dans la cellule nerveuse adulte. L'observation se heurte ici à une difficulté spéciale qui tient à la perfection même de nos méthodes de recherche. On peut dire, en effet, que la technique neurologique d'imprégnation est très élective, qu'elle met en évidence avec une singulière netteté le réticulum neurofibrillaire, à l'exclusion des autres constituants cellulaires, — et c'est bien là ce qui en fait sa valeur ; mais ce caractère d'électivité est précisément un obstacle à la recherche des divers éléments figurés qui entrent dans la composition du neurone. La méthode, de par son électivité même, ne révèle pas tout ; or, parmi ce qu'elle ne révèle pas, se trouve peut-être la formation réticulaire banale de la cellule embryonnaire. Quant aux techniques cyto-

logiques ordinaires, elles ne révèlent elles aussi qu'un seul réseau ; mais ce réseau est-il le même que le réseau neurofibrillaire qui fixe l'argent dans les méthodes spéciales ?...

Il nous paraît qu'il n'y a qu'une façon de résoudre péremptoirement ces doutes : soumettre successivement la même cellule aux deux genres de techniques et comparer les résultats. Nous avons été amené à tenter cette expérience quand nous nous sommes trouvé en face de la même question au cours de nos *Recherches sur le système nerveux central normal du Lombric* (1). Nous avons choisi dans une de nos coupes imprégnées à l'argent une cellule à mailles assez distendues et à grands vacuoles, et après avoir dessiné à la chambre claire son réseau neurofibrillaire, nous avons traité la même coupe par l'hématoxyline de Delafield, afin d'y révéler le réseau spongioplasmique banal, au cas où ce réseau existerait. Le fond a pris une belle coloration violette, mais aucune structure réticulée nouvelle n'a apparu. Nous n'avons observé dans la cellule que nous avions dessinée, comme d'ailleurs dans toutes les autres de la même coupe, qu'une très fine granulation, donnant à de faibles grossissements l'apparence d'une teinte unie. Quant au réseau neurofibrillaire que nous avions pris à la chambre claire, nous l'avons retrouvé sans aucun changement. Or nous ne pensons pas que notre résultat négatif soit dû au fait que le traitement antérieur par le nitrate d'argent aurait enlevé à la trame spongioplasmique son affinité chromatique, cette affinité ayant été respectée dans les autres éléments de la cellule. Si l'hématoxyline n'a pas coloré de réseau spongioplasmique différent du réseau neurofibrillaire imprégné, c'est donc que ce réseau n'existe pas. Mais si l'on fait agir l'hématoxyline sans passer par la mé-

(1) *Le Névraxe*, vol. X, fasc. 1, 15 janvier 1909, p. 46.

thode à l'argent réduit, ou après avoir décoloré les coupes qui ont subi ce traitement préalable, on met en évidence un réticule ayant toutes les allures du réseau neurofibrillaire. Si l'hématoxyline était inapte à le révéler dans les pièces imprégnées, c'est donc que ce réseau se confond avec celui qui ayant déjà fixé l'argent ne pouvait plus recevoir de colorant subsidiaire.

Il n'existe donc qu'un seul réseau dans la cellule nerveuse adulte du Lombric, et rien ne nous oblige d'admettre qu'il en est autrement dans les cellules nerveuses des autres animaux. Aussi, bien que pour des raisons d'un autre ordre que celles que nous venons d'exposer, et qui créent au moins une très forte probabilité, Legendre a-t-il cru pouvoir affirmer, en parlant de la cellule nerveuse en général, que la coexistence de plusieurs réseaux endocellulaires n'est pas admissible, et que « les divers aspects obtenus par les auteurs sont les aspects plus ou moins modifiés d'une structure réelle qui n'est autre que la structure spongioplasmique visible par les méthodes histologiques ordinaires... Le réseau neurofibrillaire est un aspect argentique du réseau spongioplasmique (1) ».

En employant l'expression de *réseau neurofibrillaire*, nous avons déjà donné, de la formation dont nous parlons maintenant, une description suffisamment précise. Peut-être même, à vouloir préciser davantage, risquerait-on, soit de s'égarer dans l'interprétation fantaisiste d'images incomplètes, soit, tout au moins, d'accumuler des détails qui n'appartiennent plus aux caractères anatomiques généraux de la cellule nerveuse. Il nous semble, en tous cas, que toute description consciencieuse de la structure du réseau neurofi-

(1) *Variation de structure de la cellule nerveuse.* PRESSE MÉDICALE, 11 septembre 1907.

brillaire, doit être précédée des considérations suivantes :

1° Le dispositif réticulaire normal est variable, non seulement d'un animal à l'autre, mais aussi, dans un même animal, d'un type cellulaire nerveux donné à un type différent ;

2° Toutes les méthodes cytoneurologiques ne sont pas également favorables à la révélation des éléments fibrillaires du réseau ; celui-ci pourra donc présenter des caractères anatomiques secondaires variables, pour un même type cellulaire, d'après la technique employée, non point par le fait d'une infidélité positive de cette technique, dans ce sens qu'elle produirait des *artefacts*, mais par un simple déficit, tenant au contraire à ce qu'elle n'a pas révélé tout ce que la cellule contenait d'éléments fibrillaires ;

3° De nombreuses expériences ont démontré que sous l'influence de causes très diverses, le réseau nerveux endosomatique subissait des modifications assez profondes, correspondant évidemment à un état physiologique spécial créé par les conditions d'expérimentation. Tout ce à quoi l'on peut prétendre, c'est donc d'observer une réalité anatomique non pas morphologiquement fixe et absolue, mais changeante et relative à tout instant aux exigences physiologiques du moment.

Ce qu'il faut noter, toutefois, c'est la permanence, à travers toutes les modifications de détail, du caractère réticulé, tant que l'état reste normal ou ne varie que dans des limites qui ne compromettent pas la vie cellulaire elle-même.

Dans ces conditions, le plus ordinairement, le réseau circumnucléaire présente, entre le noyau et la périphérie de la cellule, plusieurs zones d'inégale condensation. Au point même où prennent naissance les différents prolongements, les trabécules réticulaires, après avoir formé des mailles plus larges et plus étirées dans

le sens de l'expansion, deviennent indépendantes (ou gardent encore entre elles quelques connexions) et constituent comme un pinceau de neurofibrilles dont la pointe s'engage dans le prolongement.

Il n'est pas possible de formuler une théorie générale sur la façon dont ces neurofibrilles se comportent ultérieurement. Chez les invertébrés, nous avons pu constater qu'elles se laissent poursuivre très loin dans certains prolongements où elles conservent longtemps leur individualité. Il en est autrement, autant que nos nombreuses observations nous ont permis de nous en rendre compte, chez les vertébrés, où, assez généralement, les trabécules se fusionnent très vite, surtout dans l'expansion cylindraxile, en un épais filament où l'individualité neurofibrillaire persiste peut-être, mais où elle cesse d'être observable.

Il est important de signaler ici au passage les faits suivants, mis en lumière par Cajal, à savoir « que les neurofibrilles font défaut dans les épines protoplasmiques... et qu'elles s'anastomosent dans les bouts terminaux des fibres (1) » ; Cajal se base en effet sur ces caractères pour refuser à l'appareil neurofibrillaire le rôle de conducteur, à l'exclusion du reste du cytoplasme.

B. — *Blocs de Nissl*

Plus tardivement encore que les neurofibrilles, apparaissent dans le cytoplasme de la cellule nerveuse ces formations particulières en grumeaux, appelées *éléments chromatophiles* par Marinesco, et désignées plus souvent sous le nom de *blocs*, *mottes*, *corpuscules de Nissl*. Leur découverte date de 1874, époque où Arndt les signala pour la première fois. Nissl, qui, depuis, en fit

(1) *Les métamorphoses précoces des neurofibrilles.* TRAVAUX DU LABOR. DE RECH. BIOL., V, p. 96.

une étude spéciale, leur a laissé son nom. Ces singuliers corpuscules ont fait, même en dehors des remarquables travaux de Nissl, l'objet d'un grand nombre de recherches, et d'ardentes controverses se sont élevées, tant au sujet de leur réalité que de leur nature et de leur fonction.

Held a prétendu qu'ils n'existaient pas à l'état normal. Ils résulteraient, soit de l'action dissolvante et coagulante des réactifs, soit des processus de désagrégation *post mortem*. Ceux qui, comme Flemming, ont répondu que les blocs de Nissl existent dans la cellule vivante, préalablement à l'action des réactifs, mais sous forme de corpuscules *abiophranes*, n'ont évidemment pas résolu la difficulté. On a répondu plus efficacement en invoquant en faveur de l'existence normale des blocs, soit leur disposition toujours la même dans une même espèce cellulaire, quels que soient les réactifs employés, soit la marche des phénomènes de chromolyse pathologique ou normale ; mais ces preuves elles-mêmes laissent encore le champ libre à la discussion. Seule l'observation des blocs *in vivo*, et sans fixation préalable, telle que l'ont pratiquée, entre autres, von Lenhossek, Martinotti, Tirelli, Arnold, a fait justice des opinions de Held.

Si l'existence des blocs est certaine, elle n'est pas générale. On connaît des cellules qui en sont normalement dépourvues, non seulement durant leur phase embryonnaire, ce qui est le cas de tous les éléments nerveux, mais même à l'état adulte, et durant toute leur existence : telles certaines cellules du bulbe olfactif, de la rétine, du cervelet. Là où ils existent, ils n'affectent pas non plus de disposition topographique ni de forme qui soit générale et fixe. Parler de *substance tigroïde*, comme l'a fait von Lenhossek, c'est faire allusion à une distribution des blocs qui est réalisée dans

un grand nombre d'éléments, mais qui est loin de l'être dans tous. Le terme même de *bloc* est déjà trop particulier, puisque dans certaines cellules la substance de Nissl se présente sous forme, soit de bâtonnets, soit de filaments, soit de granulations éparses.

Ces variétés de forme et de disposition ont peut-être leur explication dans la nature même de la substance chromophile. Il semble établi, en effet, quelque apparence d'homogénéité que présentent certains bloc, que cette homogénéité n'est effectivement qu'apparente. La substance qui les constitue existe sous forme de granulations pulvérulentes. C'est le groupement en certains points de ces granulations, qui donne naissance aux mottes de Nissl. Il est évident que cette constitution granulaire se prête facilement d'elle-même à la formation des figures les plus variées. Or, ce qui déterminera la morphologie des groupements granulaires chromophiles dans chaque cellule, ce sera la morphologie même du réseau cellulaire, car « la substance chromophile, en se déposant dans le protoplasme de la cellule nerveuse, commence par incruster les points nodaux du réseau... Ces points nodaux, en s'épaississant ainsi par accumulation de substance chromophile et en se fusionnant plus ou moins, peuvent donner naissance à des bâtonnets chromophiles granuleux ou homogènes de longueur variable. La substance sensible aux couleurs d'aniline peut imprégner également les trabécules du réseau : les granulations chromophiles prennent alors un aspect étoilé. Cette imprégnation ou cette incrustation des points nodaux et des trabécules qui les relient entre eux par la substance chromophile, en devenant plus considérable encore, peut donner naissance à des blocs plus ou moins volumineux ; ceux-ci seront granuleux ou homogènes suivant que les mailles circonscrites par ces trabécules auront été incomplè-

tement ou complètement envahies » (1). On comprend aussi que l'agglutination des granules le long de toutes les trabécules du réseau, puisse donner à la substance de Nissl l'aspect réticulé qu'elle présente, en effet, dans certaines cellules.

Toutes ces questions de distribution et de morphologie des blocs chromophiles paraissent avoir atteint à l'heure actuelle un degré de précision dont la science neurologique peut se contenter. Il n'en est pas de même du rôle de ces blocs au sein de la cellule. Faut-il les regarder comme des matériaux de réserve, ou comme des matériaux de déchet, ou comme des substances énergétiques élaborées par la cellule et dont la fonction, comme certains auteurs le prétendent, serait d'augmenter l'intensité de l'ébranlement moléculaire dans les phénomènes de conduction ?... Tout ce qu'on peut en dire sans s'égarer dans des hypothèses trop hardies, c'est que la substance chromophile est *peut-être* indispensable au fonctionnement nerveux *particulier* des cellules qui en sont pourvues ; mais le fait que certaines cellules n'en possèdent pas oblige de conclure que cette substance n'est pas essentielle à l'exercice de la fonction nerveuse *spécifique*, c'est-à-dire considérée dans les traits généraux qui la caractérisent comme fonction nerveuse.

D'ailleurs, le grand intérêt qu'offrent les blocs de Nissl et qui justifie la place que nous leur faisons ici, malgré l'indécision qui règne encore sur beaucoup de points, consiste dans le fait de la réaction spéciale qu'ils présentent dans certaines conditions, et à laquelle on a donné le nom de *chromatolyse* (Marinesco), ou de *chromolyse* (Van Gehuchten). C'est Nissl qui a signalé le premier, en 1892, cet important phénomène. Il est consécutif à toute lésion grave du prolongement cylin-

(1) Van Gehuchten : *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 4e édition, 1906, pp. 276, 277.

draxile des cellules nerveuses. Ce qui le caractérise, c'est la disparition des blocs de Nissl et l'aptitude de tout le corps cellulaire à retenir plus ou moins uniformément les couleurs basiques d'aniline. Ce dernier caractère doit sans doute s'expliquer par une désagrégation des blocs, suivie peut-être d'un émiettement extrême des granules, qui donne à tout le fond une apparence d'homogénéité (1).

Nous n'avons pas à nous attarder à l'explication hypothétique de ces faits. Nous voulons seulement signaler de quel secours peut être une pareille réaction pour l'étude des voies nerveuses. Connaissant, en effet, un nerf en un point quelconque de son trajet, veut-on savoir dans quelle région du névraxe se trouvent les cellules d'origine des cylindraxes qui entrent dans sa constitution ? Il n'y a qu'à sectionner, ligaturer ou comprimer le nerf en ce point, et à traiter par la méthode de Nissl, quelques jours après la lésion, soit tous les centres nerveux, soit la partie de ces centres où l'on a lieu de supposer que siègent les cellules en question : toutes celles qui sont en chromolyse envoient certainement leur cylindraxe dans le nerf soumis à l'expérience.

C. — *Autres constituants*

La substance amorphe fondamentale, le réseau neurofibrillaire et la substance de Nissl, sont-ils les seuls constituants du corps cellulaire des neurones ? On

(1) Quand les auteurs emploient dans la description du phénomène le terme de *dissolution*, ils n'ont évidemment pas l'intention d'affirmer l'existence d'une dissolution vraie, mais simplement la constitution d'un état physique comparable à une très fine émulsion. C'est ainsi, par exemple, que nous interprétons les expressions suivantes de Marinesco : « La désintégration et la réduction des éléments chromatophiles en des granulations très fines et à l'aspect de poussière paraissent être l'effet de la dissolution produite par l'absorption des liquides, etc. » *La Cellule nerveuse*, t. II, p. 6. — De même, p. 7 : « ... processus de dissolution et de désintégration des éléments chromatophiles et leur transformation en poussière plus ou moins fine ».

pourrait peut-être répondre affirmativement, si l'on réserve le terme de constituants aux seuls éléments dont la présence paraît essentielle au fonctionnement de la cellule dans laquelle on les observe. Les autres formations, en effet, dont l'existence a été signalée dans la cellule nerveuse, ne semblent s'y trouver qu'à titre accidentel.

a. — *Canalicules intracellulaires*

Ainsi en est-il, peut-être, de l'*appareil réticulaire interne* décrit par Golgi en 1898 (1), et dans lequel on a cru reconnaître, depuis, un système de cavités anastomosées, une sorte de réticulum canaliculaire. Golgi et ses élèves ont toujours protesté contre cette interprétation. Pour eux, l'appareil interne en question n'est pas une formation cavitaire, mais un réseau constitué par des filaments pleins. Ils ne nient pas, d'ailleurs, l'existence du réseau tubulaire, mais ils prétendent que leur réseau est distinct de celui-là, comme aussi du système des corps de Nissl. Cajal, au contraire, à la suite d'observations personnelles, croit pouvoir affirmer « que l'appareil de Golgi (appareil réticulaire interne) et celui de Holmgren (réticulum canaliculaire) sont la même chose » (2). Legendre, plus récemment, pense avoir démontré la fausseté de l'identification soutenue par Cajal, et se range à l'opinion de Golgi sur ce point, comme aussi sur celui de savoir si le réticulum interne est assimilable aux formations chromidiennes et mitochondriennes ; il nie cette assimilation (3).

Quant à la signification du réseau cavitaire des cel-

(1) *Intorno alla struttura delle cellule nervose.* Bollet. del. Soc. medic.-chir. di Pavia, 19 aprile 1898.

(2) *L'appareil de Golgi-Holmgren.* Trav. Labor. de Rech. biol., t. V, 1907, p. 154.

(3) *Recherches sur le réseau interne de Golgi.* Anatomischer Anzeiger, XXXVI. Band, N° 8/10, 1910, pp. 207 et suiv.

lules nerveuses, l'hypothèse la première en date, et qui est restée le plus en faveur, est celle qui en fait un appareil à fonction nutritive, une sorte de *trophospongium*.

Pour ceux qui veulent que ce trophospongium appartienne en propre à la cellule nerveuse, il faudrait le concevoir comme un système de tubes endosomatiques qui entreraient en rapport, à la périphérie de la cellule, avec les fentes lymphatiques extracellulaires. Telle fut la première opinion de Holmgren. Avant lui, Adamkiewicz avait aussi regardé le réseau des canalicules nerveux comme un appareil vasculaire en relation avec le système sanguin général. Mais on peut aussi supposer que cet appareil est étranger à la cellule nerveuse, et qu'il représente des expansions tubulaires de cellules voisines différenciées en *trophocytes :* telles seraient certaines cellules de neuroglie dans les centres, et les cellules intracapsulaires dans les ganglions cérébraux et spinaux. C'est la seconde hypothèse de Holmgren.

Cajal regarde comme démontré « que ces réticulations doivent être considérées comme une disposition générale du corps cellulaire » (1). L'organisation de toute cellule comporterait donc l'existence d'un appareil cavitaire réticulé interne. Ce qui, tout au moins, semble acquis, c'est que les cellules nerveuses ne sont pas seules à posséder un semblable appareil. Cajal lui-même prend soin de nous avertir qu'il a été le premier (1890) à les signaler « dans l'épaisseur des fibres musculaires des ailes et des pattes des insectes » (2). La question, dès lors, comme le fait remarquer cet auteur, déborde la neurologie et devient un chapitre de cytologie générale. Cela n'éclaire pas beaucoup sa signifi-

(1) *Les Conduits de Golgi du protoplasme nerveux.* Trav. du Labor. de Rech. biol., t. VI, 1908, p. 123.
(2) Ibid.

cation. Cajal se demande, sous toutes réserves, si les canalicules réticulés qu'il a observés dans les cellules nerveuses et épithéliales du Lombric, ne seraient pas « una vesícula pulsátil extremadamente desarrollada y eventualmente comunicante con el exterior, es decir durante el *sístole*, fase de breve duración, é incomunicante durante el *diastole*, ó fase prolongada » (1). L'auteur a été conduit à formuler cette hypothèse par la ressemblance assez marquée qui lui paraît exister entre l'appareil tubuliforme en question et la vésicule pulsatile des infusoires.

Legendre a conçu tout autrement le rôle des canalicules de Holmgren (2), en tant du moins qu'ils existent dans les cellules nerveuses, ou paraissent y exister. D'après les recherches de cet auteur, dans certains cas de lésion des cellules nerveuses, les cellules de névroglie qui les entourent enverraient dans leur cytoplasme des prolongements plus ou moins nombreux autour desquels se dessinerait toujours « un espace clair semblable à un canalicule ». Ultérieurement la cellule nerveuse disparaîtrait, phagocytée par les cellules de névroglie. C'est donc le contre-pied absolu de l'hypothèse de Holmgren : les cellules névrogliques, au lieu de jouer le rôle de trophocytes, se transforment en éléments phagocytaires ; à la place d'une *neuronotrophie* nous avons de la *neuronophagie*.

Quant à l'appareil réticulaire interne de Golgi, qu'il refuse d'assimiler aux canaux de Holmgren, Legendre propose de l'identifier au réseau spongioplasmique surchargé des blocs de Nissl. On se rend compte, en effet, que les trabécules de ce réseau peuvent figurer les

(1) *Un sencillo método de coloración del retículo protoplásmico.* TRABAJOS DEL LABOR. DE INVESTIG. BIOL., t. II, 1903, p. 192.

(2) *Nature pathologique des canalicules de Holmgren des cellules nerveuses.* Communication à l'Académie des Sciences, séance du 26 déc. 1905 (COMP. REND., t. 141, p. 1265).

parties déliées de l'appareil de Golgi, les blocs de Nissl en constituant, pour leur part, les varicosités. Il n'y a pas d'ailleurs, entre les deux formations réticulaires, de simples analogies de forme ; Legendre prétend y relever aussi des analogies embryologiques, chimiques et physiologiques (1).

b. — *Inclusions pigmentaires*

Presque toutes les cellules nerveuses présentent, à partir d'un certain âge, des granulations pigmentaires, plus ou moins abondantes, qui respectent toujours le prolongement cylindraxile, envahissent parfois les protoplasmiques, ne pénètrent jamais dans le noyau, mais se déposent n'importe où dans le cytoplasme, et jusque sur les blocs de Nissl.

Quelques neurologistes ont voulu voir dans ces granulations des réserves de matières nutritives, surtout en se basant sur ce fait que si elles étaient des matériaux de déchet, elles devraient normalement être éliminées de la cellule ; or, il n'en est rien, du moins de certaines, qui « représentent un produit fixe, c'est-à-dire qu'elles ne subissent pas de modifications notables de forme ni de volume, ou de réaction chimique. En effet, elles sont, chez l'homme âgé de vingt ans, ce qu'elles sont chez l'individu centenaire (2) ».

Ce qui peut donner à cette question un certain intérêt, c'est l'existence dans le système nerveux de deux sortes de pigments très différents de coloration et de siège. L'un, pigment mélanique, est localisé dans le *locus cœruleus*, le *locus niger*, ou substance noire de Soemmering, et quelques cellules des ganglions spinaux ; l'autre, pigment jaune, se rencontre partout, et même dans les cellules déjà chargées de pigment noir.

(1) *Anatomischer Anzeiger*, XXXVI. Band, 8 10, 1910, p. 210 et suiv.
(2) Marinesco, *La cellule nerveuse*, t. 1, p. 277.

Marinesco regarde le pigment jaune comme étant très probablement un produit de l'activité cellulaire de nature régressive : il résulterait, soit de la décomposition des matières albuminoïdes de la substance fondamentale amorphe, soit de la désintégration des éléments chromophiles de Nissl. Cette manière de voir suppose nécessairement, du moins tant que les cellules restent normales, un processus d'élimination chargé de libérer le corps cellulaire de l'excès des matériaux de rebut. Marinesco pense en effet avoir constaté cette élémination (1).

Nous pourrions sans doute opposer à l'opinion de Marinesco plusieurs objections tirées de ses observations mêmes. Par exemple, si la production des granulations pigmentaires est un résultat de l'activité cellulaire, on ne comprend guère pourquoi leur apparition est parfois si tardive. Ainsi, Marinesco a signalé que chez l'enfant de deux ans, les cellules de la colonne de Clarke ne contiennent encore que très peu de granulations (2). Or, on sait que les cellules de la colonne de Clarcke font partie de la voie de sensorialité tactile cutanée ; on sait aussi qu'avant la naissance, chez les embryons humains d'une quarantaine de centimètres, ces cellules sont déjà aptes à fonctionner, et on peut conclure, croyons-nous, à la précocité de leur fonctionnement, du fait que les réflexes défensifs les plus importants empruntent cette voie. Les granulations pigmentaires, si leur formation est liée à l'activité cellulaire par mode de désintégration fonctionnelle normale, devraient donc apparaître beaucoup plus tôt. De plus, d'après Marinesco, les mêmes cellules, chez l'adulte, sont parfois gorgées de granulations pigmentaires, au point

(1) Marinesco, *ibid.*, pp. 294, 304.
(2) Marinesco, *ibid.*, p. 285.

que le noyau en devient invisible (1). Or Marinesco ne dit pas que ce soit là un fait pathologique, et pourtant il est difficile de comprendre que des matériaux inertes puissent s'accumuler ainsi dans la cellule sans nuire à son fonctionnement. Il est d'ailleurs général, même chez les individus parfaitement normaux, que la quantité de pigment jaune augmente avec l'âge dans toutes les cellules, sans que leur activité spécifique paraisse en souffrir.

Mais il y a peut-être réponse à ces objections, et d'ailleurs, comme le dit Marinesco, « la signification fonctionnelle du pigment jaune est entourée d'une grande obscurité » (2). Il nous semble toutefois que l'hypothèse du pigment-déchet expliquerait d'une façon assez satisfaisante l'existence de granulations autres que les granulations mélaniques dans les cellules du locus niger et du locus coeruleus, l'activité de ces cellules devant amener aussi une désintégration de certaines substances endosomatiques. C'est cette considération qui nous a paru pouvoir autoriser l'affirmation émise plus haut de la présence de pigment jaune dans des cellules déjà chargées de pigment noir. En fait, il existe dans ces cellules des granulations à teinte jaunâtre ; mais on pourrait se demander si cette coloration ne traduit pas un état évolutif ou pathologique des grains mélaniques. On l'ignore complètement, croyons-nous. En tous cas, Marinesco n'admet pas qu'il puisse y avoir « transformation d'une espèce pigmentaire en une autre », et quand il observe, par exemple dans les ganglions spinaux et les ganglions sympathiques, la présence de granulations noires, il les identifie avec celles qui donnent au locus niger et au locus coeruleus leur pigmentation caractéristique (3).

(1) Marinesco, *ibid.*, p. 286.
(2) Marinesco, *ibid.* p. 304.
(3) Marinesco, *ibid.*, p. 303.

L'origine et la signification de ces granulations noires seraient, d'après le même auteur, bien différentes de celles des granulations jaunes. Le pigment mélanique ne devrait pas, en effet, être considéré comme un déchet, mais comme le produit immédiat d'une élaboration cellulaire, à rôle d'ailleurs inconnu.

Le locus coeruleus se trouve dans le pont de Varole, de part et d'autre de la ligne médiane ; il est situé, dans chaque moitié, entre le faisceau longitudinal postérieur et la racine ascendante du trijumeau. La substance noire de Soemmering appartient aux pédoncules cérébraux. Ces indications topographiques sont insuffisantes pour nous renseigner sur la fonction de ces deux masses grises, et, d'autre part, on ignore les connexions cylindraxiles des cellules qui les constituent. Quand les recherches anatomo-physiologiques auront éclairé ce dernier point, peut-être sera-t-il possible d'émettre sur la valeur fonctionnelle de leurs granulations pigmentaires autre chose que de vagues et incertaines hypothèses.

II. — *Noyau*

L'importance du noyau cellulaire est suffisamment établie en cytologie générale pour qu'il soit nécessaire d'y insister ici. Les relations mutuelles qui lient le cytoplasme au noyau dans toute cellule, existent aussi dans la cellule nerveuse. C'est pourquoi les constituants figurés du cytoplasme, soustraits à l'influence du noyau, sont incapables de se reconstituer s'ils étaient déjà lésés, et dépérissent et disparaissent s'ils étaient normaux.

Mais ce qu'il convient de signaler, et qui paraît bien spécial à la cellule nerveuse, c'est l'extrême sensibilité du noyau à la lésion du cytoplasme. Cette question nous ramène à celle de la chromolyse dont nous avons

déjà résumé les principaux traits. La lésion du prolongement cylindraxile, si éloigné du corps cellulaire qu'en soit le siège, détermine, en même temps que la désagrégation des blocs de Nissl et la dislocation du réseau neurofibrillaire, un déplacement du noyau vers la périphérie. Assez souvent la masse nucléaire fait hernie à la surface du corps cellulaire, et dans le cas de réaction particulièrement intense, elle peut même être projetée hors de la cellule. Cette migration du noyau est fort importante, parce qu'elle complète très heureusement le tableau pathologique qui permet de reconnaître, sans doute possible, les corps cellulaires en relation avec les prolongements lésés. A ce point de vue, l'explication du processus migrateur est tout à fait secondaire. Observons cependant que lorsque nous avons dit que le noyau était *projeté* hors de la cellule, nous n'avons pas eu l'intention d'affirmer que le déplacement nucléaire était. de la part du noyau, un phénomène absolument passif. Ou bien le noyau est projeté par une force qui lui est étrangère, et dont il subit la poussée mécanique, ou bien il est projeté en vertu d'une énergie interne qui lui est propre, et dont les conditions ambiantes ne font que provoquer l'exercice.

Ceux qui tiennent pour un phénomène passif, attribuent le déplacement nucléaire, soit à la chromolyse brusque de la substance de Nissl et à la turgescence cytoplasmique qui l'accompagne, soit à la rupture des neurofibrilles qui, à l'état normal, maintiendraient en place le noyau. Mais il est prouvé que la désagrégation chromolytique débute dans la zone circumnucléaire. Se produisant tout autour du noyau, il s'établit nécessairement sur toute sa périphérie un équilibre de forces qui, loin de le déloger de sa position centrale, doit contribuer au contraire à l'y affermir. D'ailleurs nous avons pu observer dans nos préparations des cellules à noyau déjà franchement ectopique, alors que la sub-

stance de Nissl n'avait encore subi aucun changement bien appréciable. La rupture des neurofibrilles adhérentes à la membrane nucléaire ne suffit pas non plus à rendre compte du déplacement passif du noyau ; la fragmentation neurofibrillaire intéressant à la fois tous les trabécules de la région circumnucléaire, il est en effet difficile de comprendre la production, à ce niveau cellulaire, de forces antagonistes en déséquilibre.

Il est vrai que Marinesco affirme avoir observé que la lésion du cylindraxe retentit tout d'abord sur la région neurofibrillaire centrale qui est la plus proche de son cône d'origine, ce qui expliquerait d'ailleurs pourquoi c'est dans cette région aussi que débute la désagrégation des blocs (1) (comme Nissl l'avait déjà signalé). Mais, dans ce cas, la propulsion du noyau devrait se faire dans la direction diamétralement opposée au point d'émergence du cylindre : en ce point, en effet, se produirait la turgescence initiale qui refoulerait le noyau devant elle ; là aussi débuterait la fragmentation des neurofibrilles à insertion nucléaire, fragmentation qui livrerait le noyau à la force de rétraction (?) des neurofibrilles antagonistes.

Malheureusement, nous avons pu nous convaincre, par nos observations personnelles, qu'il n'en est pas nécessairement ainsi. Le noyau, dans son déplacement, suit un trajet qui nous a paru quelconque, sauf pourtant que nous n'avons jamais constaté qu'il ait émigré dans le cône d'origine du cylindraxe. Cela d'ailleurs se comprend. C'est, en effet, par ce cône d'origine qu'arrive l'ébranlement pathologique ; c'est donc en ce point du corps cellulaire, le plus proche d'ailleurs du siège de la lésion, que les conditions normales intrasomatiques sont d'abord, et resteront sans doute toujours le

(1) Marinesco, *La Cellule nerveuse*, t. II, p. 16.

plus profondément troublées. Or, si le noyau se déplace activement, c'est, peut-on supposer, parce que les conditions du milieu lui sont devenues moins favorables, ou même nocives ; le cône d'émergence du cylindraxe étant, à ce point de vue, le moins habitable, le noyau s'en tiendra donc évidemment le plus loin possible. Quant au sens de son déplacement, il sera naturellement déterminé par celui de l'invasion pathologique, à partir du point d'entrée, et l'on comprend sans peine que cet envahissement ne suive pas dans toutes les cellules une direction identique, celle ci étant sans doute réglée par la résistance, variable d'une cellule à l'autre, des diverses régions cytoplasmiques.

La position du noyau dans la cellule, en dépendance d'un état physiologique spécial, n'est pas un fait qui soit de nature à étonner un neurologiste, pour peu qu'il soit familier avec certaines connaissances de cytologie générale. Quant au caractère actif des migrations nucléaires, il n'a pas de quoi surprendre non plus quiconque connaît les déplacements, beaucoup plus mystérieux encore, des constitutifs chromosomiques du noyau au sein du cytoplasme, dans les phénomènes de caryocinèse, qui se sont refusés jusqu'ici à toute interprétation de mécanisme purement passif.

L'étude de l'ectopisme nucléaire n'a pas tellement absorbé l'attention des neurologistes, qu'ils ne se soient intéressés aussi à l'observation des caractères du noyau normal.

Le neuroblaste, issu de la dernière division d'une cellule-mère de la lignée neurale germinative, possède des éléments nucléaires que rien ne distingue de ceux de n'importe quelle cellule banale au même stade évolutif. Le noyau, qui désormais ne se divisera plus, commence par se constituer une membrane propre. C'est au sein de la *vésicule nucléaire* que cette membrane

délimite, en plein centre cellulaire, que vont s'opérer toutes les modifications d'où résultera le noyau de la cellule nerveuse adulte.

Les chromosomes issus de la dernière division caryocinétique ne tardent pas à se transformer. Leur charpente lininienne s'étire, s'amincit, se constitue en réseau très délié que la substance chromatique abandonne par endroits, pour s'accumuler ailleurs, soit en masses irrégulières, soit en corpuscules sphériques, simulant des nucléoles, et libres comme ceux-ci dans la substance nucléaire fondamentale, ou gardant des relations avec le substratum réticulé. La morphologie des masses chromatiques est d'ailleurs très variable suivant les types cellulaires.

Parallèlement à ces transformations morphologiques, il s'en produit de beaucoup plus intimes, qui affectent la constitution chimique elle-même de la substance chromatique. Ces changements profonds se manifestent grossièrement à notre observation par une évolution de la chromophilie nucléaire : la chromatine, sans perdre complètement ses affinités basiques primitives, manifeste une avidité très marquée pour les colorants acides d'aniline. De nombreuses observations ont été faites à ce sujet. Nous renvoyons aux traités spéciaux ceux des lecteurs que ces particularités pourraient intéresser. A l'heure actuelle, les relations qui sans doute existent entre cette différenciation chimique et la fonction nerveuse elle-même, considérée soit en général, soit dans ses différentes modalités, sont encore inconnues. C'est pourquoi nous n'insisterons pas sur ces faits, bien qu'ils puissent être en eux-mêmes, au point de vue nerveux, d'une extrême importance.

Tout ce que nous savons du noyau pris en bloc, c'est que, dans la cellule nerveuse comme dans toute autre cellule, sa présence est nécessaire à l'accomplissement

normal et durable des phénomènes vitaux. Quand la lésion du prolongement cylindraxile, dont nous parlions tout à l'heure, a déterminé dans le corps cellulaire des réactions particulièrement violentes, il peut arriver que le noyau sorte de la cellule, et ce serait, d'après Van Gehuchten, cette énucléation cellulaire, qui expliquerait l'absence de régénération de quelques cellules à la suite de certaines lésions (1). Car des cellules tombées en chromolyse ne sont pas irrémédiablement condamnées à disparaître, du moins dans le cas de chromolyse par section du nerf. Il est même ordinaire que ces cellules se réparent complètement. Au cours du travail de reformation des blocs de Nissl, le noyau revient lentement à sa position première (2), et il n'est peut-être pas tout à fait étranger aux phénomènes de reconstitution qui se passent autour de lui, pendant qu'il regagne son lieu d'élection. On peut du moins le conclure de ce que l'on sait, en général, de l'influence du noyau sur les manifestations de l'activité cytoplasmique. Cette influence, au point de vue de la réfection de la cellule nerveuse lésée, nous apparaîtrait même ici comme particulièrement efficace, s'il fallait admettre, comme certains le pensent, que la substance de Nissl elle-même est d'origine nucléaire : dans la cellule réparée, en effet, cette substance est beaucoup plus abondante que dans la cellule normale.

C. — RÉSUMÉ

Chez les animaux un peu élevés en organisation, presque tous les phénomènes vitaux sont sous la dépendance, médiate ou immédiate, de la fonction nerveuse,

(1) Van Gehuchten, *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 4e édition, 1906, p. 305.

(2) Remarquons en passant que ce phénomène de migration, inverse du précédent, est peut-être encore plus difficilement explicable par des influences intra-cytoplasmiques que le noyau subirait passivement.

qui prend de ce chef une importance capitale dans l'étude de l'anatomie et de la physiologie animales.

Cette fonction nerveuse, comme d'ailleurs toutes les autres fonctions organiques du vivant, considérée dans son substratum anatomique élémentaire, comporte toujours l'existence d'une cellule spéciale, la cellule nerveuse, ou neurone.

Le neurone est une cellule, et par le fait nous trouvons en lui tous les constitutifs cellulaires généraux : le cytoplasme avec son réticulum et sa substance amorphe ; le caryoplasme avec son suc nucléaire et ses formations figurées spéciales, nucléoles et trame chromatique (1).

Mais le neurone est une cellule nerveuse, et comme tel il a subi, au cours du développement ontogénique, des transformations spéciales, en rapport avec son fonctionnement particulier.

Vues, pour ainsi dire, du dehors, ces transformations caractéristiques consistent surtout dans la production, en certains points du corps cellulaire, de prolongements plus ou moins abondants, et aussi plus ou moins richement ramifiés, dont les dimensions, toujours assez réduites en diamètre, peuvent prendre en longueur des proportions considérables.

Certains de ces prolongements nerveux, ou fibres nerveuses, s'entourent sur presque tout leur trajet d'une gaine constituée par une substance spéciale, la myéline, dont l'apparition est contemporaine de leur entrée en fonction, et dont les rapports avec la fibre centrale sont assez intimes pour que la dégénérescence de la fibre s'accompagne d'une transformation profonde des caractères physiques et chimiques de la myéline.

Les manifestations les plus importantes de la spécia-

(1) Dans la cellule nerveuse adulte il n'existe pas de membrane, du moins comme formation spéciale distincte de la couche cytoplasmique périphérique.

lisation interne de la cellule nerveuse, sont la différenciation de sa trame cytoplasmique en un réticulum neurofibrillaire qui, du corps cellulaire, se prolonge dans toutes les expansions et l'élaboration d'une substance chromatique particulière, ou substance de Nissl, sujette elle aussi à des modifications profondes, en relation étroite avec la lésion des prolongements.

Le neurone ainsi constitué, ne forme, avec son corps cellulaire et ses expansions, si développées qu'elles soient, qu'une seule cellule.

Il est démontré, par l'étude du développement du neurone, que les prolongements nerveux naissent du corps du neuroblaste, qu'ils grandissent par évolution autogène, et qu'ils ne sont jamais autre chose, à quelque moment de leur croissance qu'on les examine, qu'une extension plus ou moins lointaine du corps cellulaire d'où est sortie leur première ébauche.

Le neurone est donc une *unité embryologique* et *morphologique*.

La dégénérescence des prolongements, consécutive à leur séparation du corps cellulaire, et le retentissement sur ce corps cellulaire du traumatisme qui mutile le neurone en le privant de ses expansions, montrent que le neurone est aussi une *unité trophique*.

(A suivre). L. Boule, S. J.

LES
HYPOTHÈSES COSMOGONIQUES

Lorsque les agitations, les tourments ou les joies de notre existence créent le mal, si connu, de l'hypertrophie du moi, enflent trop notre personnage, ou le dépriment trop, combien n'est-il pas salutaire, pour guérir ce malaise à base d'égoïsme, de contempler la Nature, ou d'embrasser, d'un regard, le firmament ?

Notre moi se distend, s'apaise, en présence de l'Univers, surtout si nous avons la sagesse de découvrir, par l'esprit et par le cœur, sous le magnifique balancement des mondes, sous la puissante et uniforme régularité des mouvements, Dieu, qui n'est pas seulement l'incomparable horloger traçant, à chaque atome, son orbite, mais qui est aussi le Roi du monde moral, la Bonté, l'Amour, le Souverain Bien.

Cette belle voûte illuminée que la Providence a placée sous nos yeux, nous pouvons la regarder, dans un sentiment confus de paix, de béatitude, dans un mouvement de sympathie admirative, anéantis, comme pétrifiés par une impression d'ordre, de puissance calme, nette...

Nous pouvons aussi regarder le sol que nous foulons, les astres lointains qui scintillent, non plus en hommes, en artistes, mais en savants, avec toute notre curiosité intellectuelle.

Cette curiosité engendre les Cosmogonies, les sys-

tèmes du monde, petite science conjecturale, aujourd'hui, demain, peut-être, science plus précise.

Le dernier livre de M. Poincaré a pour titre : *Hypothèses Cosmogoniques* (1). Ouvrons ce beau livre et cela nous suggérera, peut-être, quelques réflexions.

Hypothèse de Kant. — A l'origine, d'après Kant, l'espace est rempli par un chaos uniforme matériel, dont les particules s'attirent suivant la loi de Newton. Kant trouve, sans doute, plus philosophique de faire partir son chaos du *repos absolu*, et ceci est en désaccord avec notre Mécanique.

Il se forme des condensations, dans la nébuleuse, et ce sont le Soleil et les planètes. Parmi les planètes, pourquoi Saturne est-elle la seule possédant un anneau? C'est, dit Kant, parce que sa densité est faible et sa rotation très rapide. L'explication des comètes est confuse ; elles devraient toujours tourner dans le même sens que les planètes. Tout cela est nuageux et fort peu satisfaisant. Avant Laplace, nous ne trouvons aucune cosmogonie faisant figure de théorie scientifique.

Hypothèse de Laplace. — Laplace, ayant un esprit plus positif, plus scientifique, ne s'occupe que du *Monde Solaire* et non point de toute la *Voie Lactée*. La nébuleuse de Laplace est un nuage gazeux dont les particules, à l'origine, possèdent une rotation *uniforme*.

Au centre, une masse fluide, Soleil à moitié formé. Autour de ce Soleil, des anneaux tournent, et ces anneaux formeront les planètes. Bien naturellement, c'est l'anneau de Saturne qui impose à Laplace cette conception. Quant aux comètes, ce sont, pour Laplace, des vagabonds qui courent d'un système solaire à un autre, ce qui expliquerait les mouvements rétrogrades.

(1) 2e édition, 1913, chez Hermann, Paris.

Mais il faudrait des orbites hyperboliques, et c'est une difficulté. Laplace explique comment la Lune tourne toujours vers nous le même hémisphère, à cause de l'égalité entre la durée de révolution sidérale et la durée de rotation sur elle-même.

L'hypothèse de Laplace est, d'après Poincaré, la moins mauvaise de toutes. Roche en a fait une analyse ingénieuse et savante. Il construit les courbes de niveau (1) correspondant aux hypothèses de Laplace et trouve les points où la force centrifuge balance exactement la gravité. Le lieu de ces points va constituer un *anneau*. Ces calculs supposent essentiellement une forte condensation centrale, permettant de négliger les actions mutuelles des molécules de l'atmosphère.

On n'aura, d'ailleurs, une série discrète d'anneaux que si le refroidissement n'a pas été uniforme (2), et, au contraire, si la rotation de la nébuleuse est presque uniforme.

Poincaré a étudié les conditions de *stabilité* d'un anneau fluide. A l'origine, une certaine inégalité est vérifiée, d'où résulte la stabilité (3), puis l'anneau, instable, se rompt en plusieurs masses pouvant donner une planète unique.

Laplace ne peut expliquer la rotation *directe* de la plupart des planètes, mais une excellente explication serait fournie par des marées internes considérables, accompagnées de frottements. Un anneau engendre donc une nébuleuse planétaire, d'où sortent la planète et des anneaux ; ces anneaux seront les satellites (4).

Nous ne sommes pas au bout de nos peines : la Lune est un satellite exceptionnel. Roche se tire d'embarras

(1) Poincaré, page 16.
(2) Poincaré, page 25.
(3) Poincaré, page 49.
(4) Poincaré, page 52.

en regardant l'ensemble Terre-Lune comme une planète double. Et l'anneau de Saturne, pourquoi est-il resté « anneau » ? Cela tiendrait, d'après Roche, à ce que le rayon de l'anneau de Saturne est moindre que deux fois et demie le rayon de la planète (1).

Autour de Jupiter et de Saturne, on a découvert des satellites à révolution rétrograde qui eussent bien embarrassé Laplace, mais lorsque les hypothèses sont nécessairement invérifiables, on peut être assuré qu'il n'en manquera point, pour sauver les situations les plus critiques...

Hypothèse de Faye. — L'espace est rempli par un chaos rare de corps animés d'une translation rapide et d'une giration lente, de sorte que les anneaux se forment à l'intérieur de la nébuleuse, tandis que ceux de Laplace se forment à l'extérieur. Comme pour Laplace, les planètes proviennent de la rupture des anneaux instables, mais Faye ne rend pas bien compte de la faiblesse des excentricités et des inclinaisons de ces anneaux. D'après Faye, la loi d'attraction aurait *varié*, étant d'abord Ar (r étant la distance de deux molécules), puis $ar + \frac{b}{r^2}$, enfin la loi Newtonienne $\frac{B}{r^2}$.

Et alors la Terre serait plus vieille que Jupiter, que le Soleil.

La théorie de Faye ne vaut pas celle de Laplace (2), aussi n'insistons-nous pas.

Hypothèse de M. le Vicomte du Ligondès. — Ce n'est plus la nébuleuse de Laplace, ni celle de Faye,

(1) Poincaré, page 64.

(2) Rappelons que Mercure et Vénus n'ont pas de satellite. La terre en a 1 ; Mars en a 2 ; Jupiter en a 6 ; Saturne en a 10 (dont un à mouvement rétrograde) ; Uranus 4 et Neptune 1 (à mouvement retrograde). Cette indication doit, peut-être, être modifiée aujourd'hui, la photographie faisant faire des découvertes fréquentes en Astronomie.

mais l'idée de Kant avec, en plus, le mouvement. Nous avons d'abord un chaos extrêmement rare d'éléments soumis à l'attraction mutuelle, sans aucune loi pour les vitesses, c'est-à-dire que la loi sera celle des grands nombres.

C'est un fait, dûment constaté, qu'une très grosse société d'assurances a un tant pour cent de décès à peu près fixe, d'*autant plus fixe* qu'elle a plus d'assurés.

Il est connu, de même, qu'un très grand magasin a un tant pour cent de vols à peu près constant, d'autant plus constant que le chiffre d'affaires est plus gros.

Au Tir aux pigeons, à condition que les épreuves se chiffrent par dizaines de mille, on est certain qu'environ cinquante pour cent des pigeons sont tués et la proportion serait à peu près de soixante-quinze pour cent, avec des tireurs choisis, lauréats de concours.

En un mot, sur un nombre immense d'observations de faits semblables, il s'établit des moyennes constantes ; les écarts dans un sens et dans l'autre se compensent, lorsque le nombre des cas augmente infiniment. Telle est l'origine du Calcul des Probabilités, où chaque auteur formule ses hypothèses, à son gré, mais de façon à retomber toujours sur ce *fait des moyennes constantes* (1). Le Colonel du Ligondès fait usage de ces notions de statistique et c'est là une idée originale.

Son chaos durerait indéfiniment s'il ne se produisait aucun choc, mais les chocs entraînent des condensations

(1) Voir, par exemple, la *Théorie des Probabilités* par Émile Borel (1909) et les *Leçons sur le Calcul des Probabilités* par M. R. de Montessus (1908). La marche n'est pas la même. On peut définir d'abord l'écart relatif λ (Borel, page 46). Soient n épreuves, soit p la probabilité du cas favorable, soit q la probabilité du cas défavorable. Si λ demeure fini, le rapport entre le nombre des cas favorables et le nombre des cas défavorables tend vers $p : q$ lorsque n devient infini (Borel, page 60). Telle est la forme que l'on peut donner à la *loi des grands nombres*. La valeur objective du Calcul des Probabilités est, d'ailleurs, diversement appréciée. Voir le *Discours* de P. Mansion, Académie royale de Belgique, 16 déc. 1903.

de matière et le sphéroïde ainsi formé tend à *s'aplatir*, parce que les chances de choc sont moins nombreuses dans le plan où le mouvement est un peu orienté. L'aplatissement ne fera, peu à peu, qu'augmenter.

Ainsi se forme le Soleil ; autour de lui un disque équatorial qui s'aplatit de plus en plus, perd sa stabilité, se résout en anneaux et ces anneaux engendrent les planètes. Les physiciens remarqueront, cependant, un paradoxe apparent.

En effet, dans la *théorie cinétique des gaz*, on part de l'hétérogène pour arriver à l'homogène et, ici, c'est le contraire. L'explication est aisée si l'on remarque que les molécules des gaz seraient des balles *élastiques*, tandis que les projectiles de M. le vicomte du Ligondès seraient *mous*, donc se colleraient, après le choc, avec dégagement de chaleur et perte de force vive.

Une discussion subtile se présente ici (1) sur les chocs et les demi-chocs, sur l'utilisation de la théorie des gaz de Maxwell.

M. du Ligondès ne fait pas appel aux marées pour expliquer la diversité des sens de rotation des planètes, mais il fait varier l'intensité de la pesanteur et admet qu'il y eut, à chaque distance du Soleil, une période directe et une période rétrograde.

Ceci n'est point conforme aux idées de Poincaré, mais ce ne sont, en somme, que les détails de la théorie de M. du Ligondès auxquels le maître adresse des critiques. Cette théorie est l'une des plus brillantes et des plus originales, sur le système du monde.

Hypothèse de M. See. — D'après M. See, les planètes seraient des corps *étrangers* à la nébuleuse solaire et qui, passant près du Soleil, ont été captés par lui. L'effet d'une résistance du milieu sur une orbite Képle-

(1) Poincaré, page 114.

rienne est de diminuer le grand axe et l'excentricité et c'est ainsi qu'un astre, arrivant dans la sphère d'action du Soleil, prendrait une trajectoire presque circulaire.

L'hypothèse de M. See rend bien compte de la faible excentricité des orbites, mais non point du fait que presque tous les mouvements sont directs et à faibles inclinaisons mutuelles.

Théorie de Sir Darwin. — Sir G. H. Darwin a surtout porté son attention sur le phénomène des *marées*. Regardons le système Terre-Lune. Les marées agissent comme un frein, elles diminuent la vitesse angulaire de la Terre, donc son « moment de rotation ». Mais le moment de rotation total du système doit demeurer à peu près constant. Par suite, le moment de rotation de la Lune augmentera ; la distance Terre-Lune s'accroîtra.

La durée du jour, celle du mois croîtront ; on le prévoit sans calcul. Cette accélération séculaire du moyen mouvement de la Lune avait préoccupé Delaunay qui n'y voyait qu'une apparence. C'est un gros problème. Sir Darwin suppose la Terre visqueuse, à l'origine et, d'après son analyse (1), la Lune aurait pris naissance tout près de la Terre, son orbite se dilatant peu à peu.

Darwin prenant, à l'origine, une Terre liquide, peut utiliser la théorie statique des marées, celle où l'on néglige l'inertie des eaux de la mer. Il arrive à expliquer la naissance de l'excentricité et l'inclinaison de l'orbite de la Lune sur l'équateur (2).

Non seulement Sir Darwin fait ainsi un tableau de l'évolution du système Terre-Lune, mais encore il fixe la durée de cette évolution et c'est ainsi que la durée du jour aurait été de 6^h45, il y a 57 millions d'années,

(1) Poincaré, page 141.
(2) Poincaré, page 171.

de 15^h30, il y a 46 millions d'années. Aux mêmes époques, la durée du mois aurait été — en jours actuels de 24^h — 1,58 et 18,62.

Les planètes soulèvent aussi des marées sur le Soleil, mais leur action est insignifiante sur la rotation du Soleil. Au contraire, l'action retardatrice de la marée solaire pourrait expliquer cette opinion que Mercure et Vénus tournent constamment la même face vers le Soleil, — opinion qui n'est pas unanime.

Comment la Lune a-t-elle pu naître de la Terre ? Nous savons que telle est la théorie de Sir Darwin. Son explication est la suivante. La Terre liquide éprouvait des marées énormes et une masse s'est détachée, pour former la Lune.

La doctrine de Sir Darwin a une importance considérable.

Il faut rappeler la découverte, faite par Poincaré, de nouvelles formes d'équilibre des masses fluides. Quoique les travaux de l'illustre géomètre aient pour caractéristique la rigueur parfaite qu'exige l'analyse, rigueur obtenue par une *simplification* extrême des données astronomiques, néanmoins il est possible d'y trouver une explication convenable parce que la *Terre* et la *Lune* ont des masses du même ordre. Sans cela, la découverte analytique de Poincaré serait inapplicable, étant trop abstraite et trop éloignée des données réelles de l'Astronomie.

Nous allons trouver, maintenant, des systèmes cosmogoniques qui ne sont pas purement mécaniques, mais qui font appel aux données de la *Physico-chimie*.

Théorie de M. Arrhénius. — On sait aujourd'hui qu'une surface non normale à une onde lumineuse reçoit une pression dite *pression de radiation* (1). Le

(1) Maxwell regardait cette pression comme une conséquence de sa théorie électromagnétique de la Lumière, et Bartoli a rattaché cette notion à la ther

corps éclairé est poussé ; le corps éclairant recule, comme un canon. Cette notion est essentielle dans l'hypothèse de M. Arrhénius. Prenons une molécule voisine du Soleil ; elle est attirée proportionnellement à sa *masse* (par la gravitation) et repoussée proportionnellement à sa *surface* (par la lumière).

De cette façon, des gouttes voisines du Soleil, avec certaines dimensions convenables, seront chassées et telle serait l'explication de l'aspect de la queue d'une comète, toujours dirigée à l'opposé du Soleil.

Ainsi s'expliquerait aussi la couronne solaire, qui serait comparable à une queue de comète.

M. Arrhénius emploie, bien judicieusement, tous les moyens de la Physique actuelle. Les rayons ultraviolets du Soleil vont, d'après lui, ioniser les gaz et les matières de la couronne qui sera ainsi chargée d'électricité négative. Il restera, sur le Soleil, une énorme charge positive et, dans ces conditions, le Soleil attirera tous les électrons négatifs. Ces électrons captés deviendront des centres de condensation que la pression de radiation dissociera, et ainsi de suite, indéfiniment.

Il pourra arriver, à certains moments, que les particules chargées négativement, chassées par le Soleil, atteignent notre atmosphère : ce seraient les aurores boréales.

M. Arrhénius aime beaucoup les séries de phénomènes formant des cycles, avec retour au point de départ, et il a imaginé une histoire des mondes d'après le cycle suivant : un Soleil engendre une nébuleuse spirale et de celle-ci sortent des Soleils. Ces Soleils se refroidissent ; le choc de deux Soleils éteints donne une *Nova*, et tout recommence. Il y a, peut-être, beaucoup plus d'étoiles obscures que d'étoiles lumineuses.

modynamique, sans aucune hypothèse particulière sur le phénomène lumineux (Poincaré, page 241).

Ces Soleils éteints peuvent se heurter et former une *Nova*. Si le choc n'est pas central, l'étoile nouvelle prend une rotation rapide et, de plus, il se forme deux queues, deux jets, comme dans un tourniques. Ces deux jets se refroidissent vite, tandis que le cœur reste très chaud et le tourniquet peut être la cause des variations périodiques du spectre. En outre, la rotation rapide du centre de la Nova produit des forces centrifuges pouvant donner aux étoiles fusionnées la forme des *nébuleuses spirales*. La nébuleuse est bombardée par les corps qui sillonnent l'espace (1), elle s'en nourrit, d'où la formation de météorites, à l'intérieur de la nébuleuse. Les nébuleuses pourraient même se nourrir de petits Soleils et se transformer en un amas d'étoiles. Les étoiles se refroidissent, et leur rencontre forme une Nova. Tel est le cycle, d'après M. Arrhénius.

Nous ne sommes guère dans le champ de la science positive ; chacun a son opinion sur la structure des nébuleuses spirales et le cycle d'Arrhénius n'est qu'une hypothèse comme les autres. Mais, par exemple, nous voici encore plus loin des données positives lorsque le savant physicien s'ingénie à prouver que le Monde est infini et éternel, et que cela n'infirme, en rien, la validité du principe de Carnot.

Ce sont des subtilités et, à tout prendre, ont-elles un sens ? Ce n'est pas bien clair. Si le monde est infini, il y aura des étoiles dans toutes les directions et le Ciel serait plus éclairé qu'il ne l'est.

Il est, peut-être, sage de limiter les théories au monde solaire ; c'est ce qu'a fait Laplace, mais Laplace n'avait pas à son service toutes les découvertes physiques dont M. Arrhénius a fait un si brillant emploi. Sa doctrine est belle, éblouissante !

(1) Poincaré, page 250.

Hypothèse de M. E. Belot. — Poincaré a repris une idée de Lord Kelvin, qui consiste à assimiler la Voie lactée à une masse gazeuse et à lui appliquer la théorie cinétique des gaz. D'après cela, la Voie lactée, si elle était sphérique, aurait un rayon égal à mille fois la distance de la Terre aux étoiles les plus proches. En réalité, on croit que la Voie lactée est un disque aplati, de sorte que le rayon de la sphère serait un nombre intermédiaire entre l'épaisseur du disque et son rayon.

Pourquoi cette forme de disque ? Les explications ne manquent pas ; omettons les (1). Notons la théorie de M. See sur l'origine des nébuleuses spirales : Deux nuages cosmiques se réunissent et se mettent à tourner comme deux ailes de moulin ; la nébuleuse annulaire serait un cas particulier.

Une des doctrines les plus récentes est celle de M. Belot. Selon lui, une nébuleuse animée d'un mouvement tourbillonnaire, vient heurter une nébuleuse amorphe. La nébuleuse en forme de tourbillon est élastique, comme un ressort et, en même temps, joue le rôle d'un obus heurtant une plaque blindée, c'est-à-dire qu'elle fait vibrer la nébuleuse au repos. La percussion et les vibrations créent des centres de condensation qui seront l'origine du Soleil et des Planètes.

Le tourbillon serait arrivé avec une vitesse de 75 000 kilomètres par seconde ; chaque molécule décrivant une hélice et les hélices, après le choc, prenant des rayons de plus en plus grands.

M. Belot obtient une loi des distances planétaires, une loi des inclinaisons, une loi des durées de rotation, en fonction du diamètre et de la densité de la planète (2).

(1) Poincaré, page 265.

(2) Les *distances* de Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, *au Soleil*, sont, entre elles, comme :

$$4,\quad 4+3,\quad 4+6,\quad 4+12,\quad 4+48,\quad 4+96,\quad 4+192.$$

Les *masses*, par rapport au *Soleil*, sont :

$$\frac{1}{10^8},\quad \frac{1}{4.10^6},\quad \frac{1}{3.10^5},\quad \frac{1}{3.10^6},\quad \frac{1}{1047},\quad \frac{1}{3529},\quad \frac{1}{2400} \text{ et, pour Neptune, } \frac{1}{10\,000}.$$

Cette hypothèse, dit Poincaré, « mérite l'attention.» Cependant, c'est d'une manière bien arbitraire que M. Belot fixe la vitesse du tube tourbillon. De plus, une fois le Soleil formé, il y aurait lieu, dit Poincaré, de tenir compte de l'attraction.

Que celui qui n'a jamais péché (par l'arbitraire de ses postulats) jette la pierre à M. Belot dont la théorie retient, en ce moment, l'attention du monde savant.

Chaleur solaire et chaleur terrestre. — Un mètre carré de la Terre reçoit, par seconde, une quantité de chaleur égale à 3 ou 4 ou 5 calories environ. Si le Soleil était un bloc de charbon, il serait consumé en 5000 ou 6000 ans. Il faut donc voir comment le Soleil pourrait compenser ses pertes.

On a imaginé une pluie météorique de corps éloignés ou rapprochés du Soleil ; ce fut la première idée de Lord Kelvin, mais il y renonça et adopta l'hypothèse d'Helmholtz. D'après cet illustre savant, le Soleil est fluide et se contracte ; cette contraction engendre de la chaleur. Avec cette hypothèse, l'âge du Soleil serait de 50 millions d'années, mais les géologues ne s'en contentent pas. Lord Kelvin attribue à la Terre le même âge, tandis que d'autres calculs, fondés sur d'autres hypothèses, donnent 3 milliards d'années. Ce dernier chiffre est obtenu par l'étude des plis montagneux.

Une autre méthode est fondée sur le degré de salure de l'eau de mer et il en résulterait que la salure actuelle a été obtenue en 100 millions d'années.

Les géologues, d'après la durée de formation des sédiments, demandent de 100 à 600 millions d'années, depuis l'époque cambrienne.

Avouons que nous ne savons rien, actuellement, car on peut examiner et discuter des chiffres variant du

simple au triple, au décuple, mais non point des chiffres présentant des écarts prodigieux.

Actuellement, on admet que la chaleur solaire provient d'une forte masse de corps radioactifs, ou bien d'un cycle chimique de dissociations, suivies de synthèses réparatrices.

Tout ceci est vague, mais rien ne décourage la curiosité infinie des savants.

Température des étoiles. — On peut, grâce à la spectroscopie, se renseigner sur la température et la qualité chimique d'un corps, à distance.

Au point de vue des raies, Sir N. Lockyer distingue trois types parmi les spectres des étoiles. D'après lui, le premier stade de l'évolution est la nébuleuse, essaim de météorites. La nébuleuse se concentre, forme une étoile qui s'échauffe de plus en plus et ensuite se refroidit.

Il classe alors les étoiles en groupes : celles dont la température s'élève, celles dont la température baisse. D'autre part, en prenant, comme approximation, la loi de radiation des corps noirs, M. Nordmann, d'après les spectres, a trouvé les températures et sa classification concorde passablement avec celle de Sir Lockyer.

M. Schuster propose encore une autre classification et une autre théorie de l'évolution des étoiles.

La matière, à l'origine, serait répandue dans tout l'espace, les chocs produisant des centres de condensation. Au début, ces étoiles en formation n'auraient pas assez de force pour retenir les éléments légers tels que l'hydrogène, mais, peu à peu, l'étoile se nourrit par bombardement et alors elle retient hydrogène et hélium. Ensuite, l'attraction est telle que ces corps sont absorbés par l'étoile.

Ce mécanisme expliquerait les différences dans les spectres.

On sait que la masse de Sirius et celle de son compagnon sont environ deux fois et une fois la masse du Soleil, tandis que leur éclat est 100 fois celui du Soleil, et un centième de celui du Soleil. La différence d'éclat, d'après M. Schuster, tient à ce que la grosse étoile a absorbé l'hydrogène plus vite que son compagnon.

La valeur des systèmes cosmogoniques. — Une chose me frappe d'abord. Chaque auteur part d'un *état initial*, un chaos, une nébuleuse, etc.

Qu'entend-il par là ?

Nous avons quelques vagues données sur l'*état actuel* du Cosmos. Nous pouvons bien admettre qu'on puisse déduire, à reculons, quelques probabilités sur *un stade antérieur* de l'évolution, mais pourquoi ce stade antérieur serait-il l' « état initial » ?

Il y a de la présomption à employer un pareil terme. Ce qui est plus harmonieux, ce me semble, c'est l'idée du « cycle » et, en cela, l'hypothèse d'Arrhénius est bien intéressante, à condition qu'on modère encore ses ambitions et qu'on ne parle pas trop de dimensions infinies et de durée éternelle...

J'aimerais donc mieux dire « état antérieur » plutôt qu' « état initial », mais cela n'a pas grande importance. Les *mots* importent peu ; voyons les *faits*.

Quand on a lu cet admirable, lucide exposé de Poincaré, on a, ce me semble, l'*impression* suivante. Étant donnés, 1° le degré de perfection des Observatoires, à une époque, 2° l'avancement de la Physique et de la Chimie, de la Géologie, des Mathématiques, à la même époque, 3° la forme particulière de sensibilité et d'imagination d'un esprit très synthétique,... il en résulte *une cosmogonie particulière*.

Ces synthèses sont fonction, d'abord de la culture d'une époque, ensuite du génie particulier d'un ama-

teur de généralités. Aussi, que de trous béants, et que de choses vagues !

Parfois on est agacé de sentir le « coup de pouce », lorsqu'on voit, pour chaque singularité nouvelle, une hypothèse nouvelle, très ingénieuse, peut-être trop ingénieuse. Trop de détails échappent et sont réintégrés trop violemment. On peut être bien assuré que la cosmogonie d'une génération a de fortes chances d'être mise en faillite, à la génération suivante. C'est le sort de toutes les grandes synthèses qui veulent tout embrasser. Et cependant, on ne peut s'empêcher d'admirer des essais, souvent puissants et riches, qui sont l'aliment de notre curiosité intellectuelle. Sans cette curiosité, la Science périrait d'inanition et qui sait si l'espoir d'une vaste synthèse, inaccessible, ne fera pas naître des résultats bien tangibles et positifs qui, eux, sans aucun doute, enrichiront notre trésor scientifique...

Conservons tout notre sens critique, mais n'allons pas jusqu'à décourager les audacieux et habiles auteurs des hypothèses cosmogoniques.

A tout prendre, les astronomes ne font, sur une immense échelle, que ce que les *physiciens* font dans un domaine beaucoup plus restreint et plus à portée de la main (1).

Au point de départ de la théorie physique, dit M. Duhem (2), quelques propositions, revêtues d'une forme mathématique, aussi générales que possible ; ce sont les *hypothèses*.

L'analyste déduit à partir de ces hypothèses, il déroule toutes les conséquences qu'il peut apercevoir ; ce sont les *théories*.

L'expérimentateur s'empare alors des conséquences

(1) Sur les méthodes des physiciens, je renvoie à Poincaré et à M. Duhem.

(2) P. Duhem, à propos de Willard Gibbs, BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, août 1907.

particulières et les compare aux mesures du Laboratoire ; la théorie est alors déclarée *valable* ou non.

Les hypothèses ne se présentent pas comme des jugements qui, d'emblée, satisfont l'esprit ; la vérité *ne descend pas* ici des prémisses aux conclusions ; la vérité réside uniquement là où aboutit la théorie et si deux systèmes d'hypothèses réussissent également, à ce point d'arrivée, ces deux systèmes ont exactement la même valeur.

Gibbs, par exemple, tire toute statique chimique de deux propositions sur l'*entropie*. Ces deux propositions d'où tout découle, sont-elles, dit M. Duhem, admises par tous les physiciens ? Point du tout ! Aucune n'avait été formulée. Mais Gibbs, d'après certaines intuitions, certaines « idées de derrière la tête », faisait dériver ses deux principes de ceux de W. Thomson et de Clausius, de celui de Carnot et il affirmait avec sérénité, attendant avec confiance ces confrontations angoissantes qui nous attendent, nous guettent au moment précis où l'appareil analytique a été complètement déroulé.

Si donc nous étions tentés de voir, dans les hypothèses cosmogoniques, une pure débauche d'imagination, songeons à Gibbs et à tant d'autres savants, songeons à la forme, *non immédiatement* évidente et vérifiable, de toute hypothèse physique.

Les théoriciens de la Physique ont, d'ailleurs, comme les astronomes, des tempéraments très divers, qui les conduisent à divers procédés, à des façons variées dans l'usage et l'énoncé de l'hypothèse.

Nous parlions de Gibbs. Comment cet admirable génie a-t-il fait la théorie du « point critique », dans le phénomène de l'évaporation ? L'hypothèse est la suivante : « Le point, ayant pour coordonnées le volume, l'énergie, l'entropie de l'unité de masse du fluide, décrit une surface analytique dépourvue de point singulier ».

Saurait-on être plus rigoureusement *algébriste ?* Il n'y a pas trace, ici, de la moindre hypothèse sur la constitution de la matière. Et cette méthode-là est celle que M. Duhem a toujours défendue avec tant d'ardeur et tant d'autorité (1). Je ne serais pas tout à fait aussi exclusif. Chacun sait combien les savants anglais aiment les « modèles » c'est-à-dire des assemblages, terriblement compliqués, de poulies, de courroies, de ressorts, d'engrenages, avec des percussions, des girations, subtils mécanismes par lesquels ils représentent le jeu d'un phénomène physique.

Ces « modèles » ont du bon, si l'on sait *s'en servir sans y croire*, c'est-à-dire s'en servir un jour, prêt à y renoncer le lendemain, ou encore si l'on sait utiliser simultanément deux modèles différents, sans confusion (2).

Certains astronomes tiennent au « modèle ». Pourquoi pas, si le travail, sous cette forme, leur est plus facile ?

Il y a aussi une sorte de *via media*, un point de vue intermédiaire. Gibbs s'est souvent mis à ce point de vue pour scruter l'horizon.

Cette nouvelle méthode est la *Mécanique statistique*. Un certain volume est rempli par un nombre immense de corps, atomes rigides ou bien molécules, assemblages d'atomes plus ou moins élastiques. La position du

(1) Je trouve, en germe, toute la belle doctrine de M. Duhem dans son article *l'École anglaise et les théories physiques* (REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1893).

Il expose, là, que le mot « comprendre » n'a pas le même sens pour Pierre et pour Paul. Il oppose les Anglais à Helmholtz et l'on devine déjà l'importance prépondérante qu'il attribuera à la Physique d'Helmholtz, — sa répugnance à l'égard des *modèles*.

(2) Si l'on veut voir les *modèles*, tels que la science française les emploie actuellement, on lira le brillant ouvrage de M. Jean Perrin : *Les Atomes*. Il sera difficile de n'être pas séduit, quoique la sagesse soit du côté de M. Duhem. Voir aussi : *Les idées modernes sur la Constitution de la Matière* (Gauthier-Villars, 1913).

système est déterminée par des paramètres, en nombre limité. Des forces agissent, fonctions des seuls paramètres (dans cette théorie de Gibbs, on n'admet pas les *actions réciproques* entre les éléments et on suppose qu'il n'y a aucun *choc*). Supposons établi l'équilibre statistique du système, c'est-à-dire qu'au moment où un élément quitte son état et sa position, un autre élément vient adopter son état et ses coordonnées.

Comment ces états vont-ils se répartir ? En particulier combien, à un instant, aurons-nous de corps dans une portion du volume total, ou dans telles limites de vitesse ? Gibbs fait intervenir un coefficient de probabilité P, qui sera une fonction des paramètres conservant la même valeur pendant toute l'évolution. La forme de P est précisée par l'auteur ; c'est une fonction exponentielle formée avec l'énergie du système. Pourquoi ? Comment ?

Gibbs n'a pas à nous le dire. C'est nous qui devons analyser les déductions issues d'un pareil postulat et voir, enfin, si l'hypothèse *vaut*, c'est-à-dire si elle réussit à *embrasser quelques phénomènes bien observés, à en faire prévoir d'autres*. L'hypothèse doit réussir à englober tout le donné et à accroître notre connaissance du monde. On n'a rien à lui demander, en dehors de cela, et le savant ne peut pas toujours nous dire pourquoi et comment il a « posé » son hypothèse. Le « pourquoi » peut être confus, brumeux, dans son esprit. Le « comment » pourrait engendrer un discours interminable, ces pensées de derrière la tête étant liées à tout notre tempérament, à toute notre éducation...

Enfin, tant qu'un savant estime sa doctrine encore un peu verte, il n'a pas à livrer des « secrets de fabrication » auxquels, d'ailleurs, nous ne comprendrions pas grand'chose.

L'exemple mémorable de Gibbs, de cet esprit si

souple qu'il usait alternativement des seules notions de la Thermodynamique et puis de la Mécanique statistique, d'une loi des grands nombres, — cet exemple montre ce qu'est une hypothèse dans la Physique.

Dès lors, serons-nous surpris de voir les astronomes partir, l'un d'une rotation d'ensemble, l'autre de tourbillons ?

Serons-nous étonnés de voir que l'un insiste sur l'action des marées, l'autre sur les phénomènes d'électrisation et de radioactivité ?

Non point : l'astronome travaille comme le physicien ; ses hypothèses, ses théories ont le même sens, au point de vue *philosophique*, mais, *en pratique*, l'énormité, l'immensité des mondes dont il cherche le « modèle » ou dont il veut avoir la formule thermodynamique (dépourvue de conceptions particulières sur ses atomes, qui sont des astres), tout cela, chacun le voit de suite, donne aux Cosmogonies un certain air de « romans de l'infini ».

Nous ne sommes plus dans le domaine absolument positif, mais nous pouvons espérer des résultats de plus en plus vraisemblables.

Sachons nous en contenter et admirer tout le talent, toute la patience qu'exigent les synthèses de ce genre.

Les théories cosmogoniques nous ont ainsi amené à examiner les théories physiques, qui donnent lieu à des discussions passionnées, entre philosophes.

L'un n'est satisfait que par le modèle, par l'image mécanique. Faraday, par exemple, imagine entre deux corps électrisés, un paquet de fils élastiques qui s'enflent et se raccourcissent. Sans cette image, certains physiciens ne comprennent pas, parce que, pour eux, *comprendre* c'est *voir* et parce qu'ils savent voir un machinisme compliqué, devant lequel d'autres perdraient la tête.

C'est aussi, ne l'oublions pas, parce que, dans l'ordre

historique, la Mécanique a précédé la Physique, d'où il suit que la Mécanique nous offre bien des problèmes parfaitement résolus, beaucoup de formules analytiques assez étudiées. La tentation est bien naturelle d'utiliser un travail, si bien fait à l'avance.

Tels autres ont si bien senti la relativité de ces modèles, leur insuffisance, parfois, qu'ils n'en veulent point et qu'il leur suffit de regarder les lignes de force, les surfaces de niveau comme des systèmes géométriques, soumis aux lois de l'Analyse, après que l'on aura fait assez d'hypothèses et d'hypothèses valables. Pour ceux-là, *comprendre* c'est posséder l'*équation différentielle* ou *fonctionnelle* qui « mesure » convenablement les variations du phénomène physique.

D'autres, encore, se serviront de l'hypothèse atomique mais, pour n'avoir pas à préciser complètement la structure des édifices moléculaires, ils feront intervenir la *Statistique*, de sorte que leur hypothèse sera, en partie, une hypothèse de probabilité (1). Ceux-là espèrent que le fait de prendre des *moyennes* corrige ce que l'hypothèse pourrait avoir d'aventureux.

Les physiciens se rattachent à l'une ou l'autre de ces Écoles, et pourquoi ces Écoles s'excommunieraient-elles les unes les autres ?

Dans ces joutes, on n'aperçoit pas toujours, bien clairement, la vérité, d'un côté, l'erreur de l'autre. Ce n'est pas la vérité qui se dresse contre l'erreur, c'est une lueur de vérité, incomplète, contre une autre lueur de vérité, incomplète aussi.

Les problèmes physiques ou astronomiques nous écrasent par leur immensité et c'est à cause de l'infirmité de nos moyens de connaissance que nous voyons

(1) Le *Calcul des Probabilités*, lui aussi, est une théorie physique ; c'est la physique des *moyennes*. Tel auteur part d'une hypothèse, l'autre d'un autre postulat pour arriver à édifier une doctrine rendant bien compte de quelques lois de Statistique, dûment vérifiées par un nombre immense d'observations.

une vérité partielle combattre une autre vérité partielle, et le talent combattre le talent, de sorte que certains ne se décident pas à prendre parti, définitivement, attendant toujours une vérité plus compréhensive, plus vaste.

Cette lutte est infiniment féconde, lorsqu'elle n'est pas trop âpre et l'on ne peut s'empêcher de penser aux paroles de saint Augustin :

In dubiis libertas, in omnibus caritas.

Vte Robert d'Adhémar.

LE
COMPROMIS AUSTRO-HONGROIS

Anciens sujets de la dynastie des Habsbourg, les Belges ont depuis longtemps oublié leurs souverains du XVIe et du XVIIIe siècles et les peuples qu'ils ont conservés sous leur domination. La distance Bruxelles-Vienne, énorme au moment de la dernière séparation, la transformation économique et politique de l'Allemagne du Nord, notre voisin immédiat, et, peut-être aussi, le grand nombre de princes étrangers qui se sont disputé notre territoire expliquent le peu d'intérêt que les Belges, en général, portent aux questions d'Autriche-Hongrie. Absorbés d'ailleurs par la mise en valeur de nos richesses nationales depuis que notre indépendance nous a assuré — fait extraordinaire dans notre histoire — plus de 80 années de paix profonde, organisant en Argentine, en Russie, en Chine, au Congo des entreprises aussi nombreuses que variées, nous avons laissé l' « empire du milieu » hors de notre champ d'action. Pourquoi nous fixer dans une attitude d'indifférence ? L'empire est arrivé à une période très intéressante de son histoire politique et de son développement économique.

Avant d'aborder l'étude de ce dernier point de vue, quelques considérations générales me semblent devoir être présentées en guise d'introduction.

La délimitation des États adoptée par les diplomates

du Congrès de Vienne se trouvait en contradiction avec les désirs nationaux dans une grande partie de l'Europe. Au fur et à mesure que les populations ainsi réunies artificiellement en vinrent à désirer que l'État fût fondé sur la nation, que le pouvoir fût aux mains des nationaux, le régime qui imposait le gouvernement des étrangers fut condamné comme « oppresseur » et souvent renversé. Sans qu'on soit arrivé à s'entendre sur aucun critérium de nationalité, les aspirations et les guerres nationales brisèrent le cadre de 1815. L'indépendance grecque et belge, l'unité italienne, la formation de la Roumanie, de la Bulgarie, de la Serbie furent les étapes principales de ce mouvement. Maintenant que les moyens d'information, de police, de surveillance et de répression rendent les gouvernements plus forts ; aux séparations violentes succèdent les revendications d'autonomie comme en Pologne, en Finlande, en Irlande, en Catalogne, en Syrie, en Arabie, mais surtout comme en Autriche-Hongrie, cet empire composé de lambeaux de patries, selon l'expression de M. Lavisse. Tchèques, Slovaques, Slovènes, Polonais, Ruthènes, Croates, Serbes, Italiens, Roumains rassemblés ou disséminés, isolés ou rattachés à des frères plus libres et indépendants, y revendiquent bruyamment ou attendent avec résignation leur émancipation politique (1).

Au point de vue physique comme au point de vue ethnographique, l'Autriche-Hongrie ne présente rien de précis. De l'immense artère du Danube, qui fait en grande partie son unité, elle ne possède ni la source ni le cours inférieur. Les Carpathes, qui encerclent si nettement la Hongrie, ne sont pas une limite impériale : au pied de leur versant oriental s'étend la Galicie qui

(1) Sur les billets de la Banque austro-hongroise, le montant de la valeur est imprimé en dix langues.

se confond avec la plaine russe. La Bohême, dont les montagnes dessinent le quadrilatère, tourne le dos à Vienne ; son réseau hydrographique se jette dans l'Elbe. Si la Save et la Drina séparent Serbie et Bosnie qu'unissent les liens ethnographiques et linguistiques, dans le massif tourmenté du Sud, rien ne précise les confins de l'Herzégovine, du Monténégro et de la Dalmatie. Le cours du Tagliamento ne décrit pas la frontière austro-italienne. Les eaux des Alpes orientales, sauf celles de l'Adige, sont en grande partie ramenées au Danube par la Drave et la Save, mais les cours d'eau des Carpathes orientales se dirigent vers la Baltique par la Vistule, vers la Mer Noire par le Dniester.

Chassée de l'Italie depuis 1860 et, six ans plus tard, de l'Allemagne à laquelle elle avait appartenu pendant neuf siècles, l'Autriche, désorientée, entre, après Sadowa, dans une nouvelle période de son histoire. Sa politique extérieure vise la mer Égée ; sans doute, comme puissance danubienne, avant cette date déjà, elle surveillait la Turquie et la Russie, mais la maîtrise de l'Adriatique et la voie de Salonique deviennent pour elle l'objet principal de sa vigilance et de son ambition.

A l'intérieur, la faible proportion de 22° ₀ d'Allemands contre une majorité disparate mais écrasante de Hongrois, de Slaves et d'Italiens, le mécontentement d'une longue domination — d'autres préféreront longue oppression — les récents revers militaires et le désir des nationalités de prendre part à l'administration de l'État, amenèrent la conclusion du Compromis de 1867.

Cet « Ausgleich » a constitué, à la place de l'ancien empire d'Autriche (1806-1866), la monarchie austro-hongroise. Il est la charte d'un dualisme qu'il n'a pas créé, mais organisé à nouveau. Nous ne nous trouvons pas, comme en Allemagne, en présence d'une fédération

d'États, mais d'une monarchie double, qui assure la suprématie au parti germano-magyar. Les anciens états, royaumes, comtés, archiduchés, principautés, seigneuries qui composent la Cisleithanie ou l'Autriche proprement dite, tout comme ceux qui composent la Hongrie, passent au rang de provinces, de districts, de territoires, de circonscriptions administratives de l'Empire. L'Autriche et la Hongrie ne sont pas deux parties d'un État, mais deux États, deux monarchies, inséparables et constitutionnelles, héréditaires dans la dynastie des Habsbourg-Lorraine. Pour l'étranger seul, existe l'Autriche-Hongrie ; les citoyens sont Autrichiens ou Hongrois.

Les deux États ainsi formés n'ont de commun, en outre de la dynastie, que l'armée, la marine, la représentation diplomatique et la Banque d'émission. A l'intérieur de ses frontières, chaque État règle souverainement l'administration, la justice, l'enseignement public, la question des langues, etc... Tous deux doivent cependant suivre les mêmes principes en certaines matières d'ordre économique, à cause de l'union douanière établie par Bach en 1850.

Les dépenses communes sont couvertes par les recettes des douanes et par les versements complémentaires de l'Autriche et de la Hongrie.

Cette union politique doit durer autant que la dynastie des Habsbourg, mais l'Ausgleich est renouvelable de 10 en 10 ans dans ses clauses d'ordre économique et financier. Si le renouvellement ne peut se faire à la date fixée, à cause du désaccord des parlements par exemple, l'empereur, en vertu de l'article 14 du Compromis, a le droit de l'appliquer provisoirement pour un an et son ordonnance est renouvelable.

L'existence de cette union politico-économique dépend du fonctionnement et du jeu de trois rouages :

le pouvoir impérial, les trois ministres communs et les délégations.

L'empereur (1) représente la monarchie au dehors, nomme les ministres et leurs conseils, propose et promulgue les lois, commande l'armée, dirige la politique extérieure, exerce le droit de grâce.

Il est assisté de trois ministres communs pour les affaires étrangères, la défense nationale et les finances. Malgré son titre, le ministre des finances est réduit au rôle de simple caissier ; son activité se borne à recevoir le revenu des douanes et le montant des quote-parts complémentaires des deux États, et à les distribuer aux départements de ses deux collègues.

La position de ces trois ministres est singulière : ils ne peuvent être membres du cabinet, ni avoir accès aux Chambres. Il leur est donc impossible de diriger le Parlement qui, de son côté, n'exerce sur eux aucun contrôle. L'occupation de la Bosnie et de l'Herzégovine, décidée par Andrassy, le fut contre le gré des deux Parlements. Le ministre de la guerre ne peut défendre ses projets de loi que par l'intermédiaire des deux ministres de la défense nationale qui harangueront les députés du Reichsrat de Vienne et de l'Orzaghaz de Budapest. Celui des affaires étrangères (commerce et politique) est en somme le représentant de deux puissances militaires et de deux maisons d'affaires dont

(1) En 1689, les Hongrois réussirent à substituer à la formule « empereur-roi » celle de « empereur et roi » ! Les fonctionnaires de la cour et des ministères communs durent faire imprimer sur leur carte K. u. K. au lieu de l'ancien K. K. Les Hongrois célébrèrent l'addition de ce « und » à l'égal d'une victoire. « Toutes les luttes qui ont eu lieu en Autriche et en Hongrie n'ont trait qu'à des dissentiments entre nationalités ; aucune attaque n'a été dirigée contre la couronne. Quant aux idées républicaines, il y en a moins en Autriche et en Hongrie que dans n'importe quelle autre monarchie, et l'ancienneté de la dynastie qui règne depuis près de quatre siècles en Hongrie et depuis plus de six en Autriche a créé une tradition qui forme un lien des plus solides. » De Morawitz. *La France et l'Autriche-Hongrie*. REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE, mai 1908.

l'unité de vues ne lui est pas garantie. En fait, les conflits sont fréquents. Le ministre commun des finances voit son budget de dépenses approuvé par les Délégations, mais les recettes correspondantes seront consenties et votées par les deux Parlements où il ne peut paraître.

Instituées pour exercer le contrôle sur les trois ministres communs, les Délégations constituent une pièce compliquée du mécanisme politique et administratif austro-hongrois. Tous les ans, les deux Parlements élisent chacun une commission de 60 membres : 20 de la Chambre Haute et 40 de la Chambre Basse. Les cent-vingt députés doivent être convoqués au moins une fois chaque année et siègent alternativement à Vienne et à Budapest, mais sans se réunir. Ils délibèrent et votent séparément et ne communiquent que par écrit. En cas de désaccord permanent, une session générale peut avoir lieu et, à parité de voix, l'avis de l'empereur tranche la question. La compétence des Délégations est uniquement budgétaire : après le vote des dépenses communes, la somme des contributions à verser par l'Autriche et la Hongrie, constitue pour les deux Parlements, une dépense obligatoire qu'ils n'ont plus à discuter mais à couvrir.

En signant le compromis, Autrichiens et Hongrois ont résolu les principaux problèmes intéressant la double monarchie, la question des douanes, celle des dépenses publiques, des voies de communication et de la banque. Nous allons les passer successivement en revue.

Le compromis conclu en 1867 pour dix ans fut successivement renouvelé en 1877 et en 1887 ; l'accord de 1897 fut particulièrement laborieux et donna lieu à de telles difficultés qu'il ne fut conclu qu'en 1902.

Envisagé au point de vue douanier, celui de 1907 prépare l'autonomie de la Hongrie. L'ancienne commu-

nauté douanière s'est transformée en une union économique d'États. Les traités de commerce avec l'étranger resteront en vigueur jusqu'en 1917, mais l'Autriche et la Hongrie ne concluront plus de traités communs pour une date postérieure.

A cette échéance, la Hongrie jouira donc de l'autonomie douanière complète, car les traités qui peuvent être dénoncés avant 1917, les traités conclus avec l'Allemagne, l'Italie, la Belgique, la Russie, par exemple, ne le seront que d'accord entre l'Autriche et la Hongrie, et, si une de ces puissances prend l'initiative de la dénonciation, un *modus vivendi* provisoire sera établi.

La communauté douanière est surtout favorable à la Hongrie. Les efforts de beaucoup d'États pour protéger leur agriculture ont fermé les marchés étrangers aux produits agricoles de Hongrie. Aussi la faculté de fournir à la consommation autrichienne les produits de son sol sans taxes douanières est-elle pour la Hongrie un avantage de premier ordre.

La séparation, malgré certains avantages, lui coûterait probablement fort cher. L'Autriche et la Hongrie se complètent; l'une est un pays agricole, l'autre est un pays plutôt industriel. Au renouvellement des traités de commerce, le débouché qu'offre la double monarchie étant très vaste, elle peut obtenir des conditions meilleures qu'un petit État. Après la séparation, l'Autriche ne trouvera-t-elle pas en Russie et dans les Balkans des clients qui la dédommageront de la perte du marché hongrois, et ces pays ne remplaceront-ils pas la Hongrie comme fournisseur des produits agricoles?

Une seconde concession aux désirs d'autonomie économique de la Hongrie a été faite en matière d'impôts de consommation. Chacun des deux États peut sans entente préalable, sans toutefois modifier la base de l'impôt, en fixer librement le taux. Mais si

l'alcool, par exemple, est plus imposé en Hongrie qu'en Autriche, il paiera, vu l'absence de barrières douanières, des droits compensateurs en passant de Cisleithanie en Transleithanie.

La liberté est aussi reconnue à chaque État de fixer d'une façon indépendante son contingent d'eau de vie. Jusqu'en 1907, ce contingent était déterminé par un chiffre global et réparti ensuite entre l'Autriche, la Hongrie et la Bosnie. Depuis 1904, sur les 1 910 000 hectolitres de ce quorum, 1 017 000 étaient assignés à l'Autriche, 885 000 à la Hongrie, 8000 à la Bosnie. La base de la nouvelle fixation est la moyenne de la consommation totale de l'État pendant les deux dernières années; en outre, l'Autriche et la Hongrie sont en droit d'exiger l'une de l'autre une réduction de ce contingent dans le cas où l'un des deux pays exporterait chez son voisin plus d'alcool qu'il n'en reçoit de lui, à condition toutefois que cette exportation nette dépasse 1 % de la part accordée à l'État qui exporte avec excès.

Acculée à la nécessité d'augmenter les recettes de son budget, la Hongrie projetait en 1907 l'établissement du monopole du pétrole. L'article 13 du nouvel Ausgleich, modifiant la règle générale des impôts de consommation, lui donne la liberté nécessaire, mais l'Autriche se fait payer cette concession. Elle possède en Galicie d'importantes réserves de pétrole (1); de là, des droits d'entrée sur le pétrole brut. La Hongrie a installé chez elle l'industrie du raffinage : de là des droits sur l'huile raffinée.

A la Roumanie fut octroyé le privilège d'introduire chaque année 200 000 quintaux qui ne paient environ que le 1/5 des droits. L'Autriche obligea donc la Hon-

(1) L'extraction qui en 1895 atteignait 214 000 tonnes, a dépassé 1 900 000 tonnes en 1910.

grie à acheter pour les besoins du monopole, en dehors des 200 000 quintaux roumains, du pétrole de Galicie aussi longtemps que son prix ne dépasserait pas celui des pétroles étrangers augmenté des droits de douane.

La Hongrie obtint encore en 1907 une plus grande indépendance de son industrie sucrière. L'Autriche-Hongrie en effet n'avait pas cru déroger à la convention de Bruxelles de 1902 par la répartition de la production du sucre entre les usines de son territoire. Les industriels étrangers déclaraient ce procédé incompatible avec la suppression de toute prime directe ou indirecte, puisque, par le jeu de ce contingent de production, les bénéfices réalisés sur les consommateurs indigènes permettaient d'exporter à bas prix. Pour sauvegarder les intérêts en question, le compromis de 1907 stipule que toute exportation de sucre d'Autriche en Hongrie dépassant 225 000 quintaux, et toute exportation de Hongrie en Autriche supérieure à 50 000 quintaux, paiera, en plus de l'impôt de consommation, une surtaxe (1) destinée à protéger l'industrie de chaque État comme un tarif douanier et à permettre à chacune d'elles d'alimenter seule la consommation intérieure (2).

En dehors des deux budgets autrichien et hongrois, existent des dépenses communes. Dans quelle proportion chacun des deux alliés doit-il intervenir ?

D'après l'article 3 de la loi du 21 décembre 1867, cette quote-part, une fois établie, sera réglée à nouveau de temps en temps ; elle est adoptée par une loi dans chacun des deux pays après, négociation et travaux d'une députation de 15 membres des deux parlements (5 membres de la Chambre des Seigneurs et 5 de la Chambre des Magnats, 10 de chacune des Chambres

(1) 3,50 couronnes par 100 kgr. de sucre raffiné ; 3,20 couronnes par 100 kgr. de sucre brut.

(2) Revue économique internationale, mars 1908.

basses). En fait, la question de la quote-part est liée à celle du compromis économique et, sauf exception, c'est tous les dix ans qu'elle revient en discussion. En 1907 on a lié juridiquement l'Ausgleich et la question de la quote-part. Les premières Quotendeputationen cherchèrent une base de répartition. Les Hongrois offraient la proportion qui, de fait, avait été celle de la communauté financière des années 1860 à 1865. Les Autrichiens préféraient les impôts directs, mais à cause du refus des Hongrois, motivé par la différence de nature et de taux de ces impôts dans les deux pays, ils proposèrent la moyenne du rendement des impôts directs et indirects. Finalement on décida que 70 % des dépenses non couvertes par le revenu des douanes seraient payés par l'Autriche et 30 % par la Hongrie.

Après l'expulsion des Turcs, une petite bande de territoire située au Sud de la Hongrie, le long du Danube et de la Drave, appelée « confins militaires » était restée sous la dépendance du ministère de la guerre. En 1871, l'administration civile y succéda au gouvernement militaire et l'enclave fut incorporée à la Hongrie dont la quote-part monta à 31,4 %.

En 1877, des divergences de vue sur la question des douanes et des ristournes divisèrent les membres de la députation de la quote-part. Les douanes étant communes, les drawbacks à payer aux exportateurs de bière, d'alcool et de sucre étaient, d'après la thèse autrichienne, des dépenses communes aussi, auxquelles par conséquent s'appliquait la proportion de 31,4 %. Les Hongrois soutenaient le contraire. La Hongrie d'après eux perdait à ce jeu : pour le sucre, par exemple, elle aurait ristourné beaucoup plus qu'elle n'aurait reçu. En huit ans, de 1868 à 1875, contre 8 500 000 florins perçus, elle aurait sur les 40 900 000 florins, somme totale des drawbacks payés pour le sucre, versé 12 850 000 florins.

L'Autriche répliquait en invoquant la grande disproportion dans la contribution des deux alliés au produit des douanes : sa part, de 1868 à 1875, aurait atteint 87 %. Beaucoup de marchandises en effet, à destination de la Hongrie pénètrent dans la monarchie par la frontière autrichienne. Les ristournes défavorables à la Hongrie n'étaient donc que des dépenses compensatoires. Si pendant les années suivantes, les impôts indirects étaient augmentés, si de nouveaux droits de douane étaient établis, l'Autriche se prêterait à une modification de la quote-part, que les Hongrois voulaient immédiatement voir tomber à 29 %. Malgré tout, la quote-part de 1867 fut maintenue, mais chaque État contribuerait aux ristournes en proportion du revenu brut tiré par lui de chaque article imposé.

Le renouvellement du compromis se fit aisément pour la période de 1887-1897 ; à cause des droits agraires protecteurs établis en 1882, la Hongrie se montra bien disposée. Mais en 1896, les exigences et les résistances rendirent toute entente impossible.

L'Autriche, voulant à tout prix diminuer sa part des dépenses communes, proposait comme base de répartition le chiffre de la population ; sa quote-part tombait ainsi à 58 %. La Hongrie refusa net et déclara ne vouloir admettre que le statu quo. Pas plus que celles de 1896, les « Quotendeputationen » de 1897 et de 1898 ne purent aboutir, et l'empereur dut, en décembre de ces deux années, promulguer pour un an la quote-part de chacun.

Les négociateurs de 1899 furent plus heureux et adoptèrent la proportion 65,6 % et 34,4 %, soit une augmentation de 3 % pour la Hongrie. Mais la crise politique intérieure empêchant le vote du Parlement, la promulgation par ordonnance impériale se répète de 1899 à 1905.

En 1906 et 1907, les discussions reprirent. Depuis

1903, les droits sur les grains et la farine avaient été augmentés, et si les agrariens des deux pays s'en réjouissaient, l'Autriche, à cause de son importation de céréales hongroises et étrangères (1) se trouvait dans une situation tout autre que son alliée qui n'achète rien au dehors. Cette importation, d'ailleurs, ne fera que croître de 1907 à 1917. L'Autriche donc, contribuant de plus en plus aux recettes douanières, exigea et obtint que la quote-part de la Hongrie fût portée à 36,4 %.

L'établissement du dualisme, l'élévation de la Hongrie au rang d'État associé à l'Autriche entraînait la solution d'un second problème d'ordre financier, le partage de la dette publique. Dans les alinéas 53 et 54 de sa loi de 1867, la Hongrie, faisant allusion à l'absolutisme passé, proclame fièrement qu'elle ne pourrait, strictement parlant, être légalement obligée de prendre à sa charge une part quelconque d'une dette contractée sans le consentement de la nation. Par équité toutefois, et vu les circonstances politiques, à condition aussi que le régime constitutionnel établi soit maintenu, et pour ces motifs exclusivement, elle se déclare prête à régler de commun accord avec l'Autriche la répartition de ces charges financières.

Le service de la dette exigeait, en 1868, 145 millions de florins. La Hongrie consentit une contribution annuelle de 30 188 000 florins ; vis-à-vis des porteurs de titres, l'Autriche serait seule débitrice. La dette était donc autrichienne et son cours dépendait avant tout du crédit autrichien. L'intérêt nominal de 5 % était, en fait, ramené à 4,2 % par le prélèvement de l'impôt.

En 1902, l'Autriche voulut convertir la dette, la

(1) En 1911, l'Autriche a importé de Hongrie 450.000 tonnes de blé et 115.000 de l'étranger ; en 1910, 256.800 tonnes de l'étranger.

ramener tout entière de 4,2 % à 4 %. Refus de la Hongrie qui exigeait pour cette opération d'ensemble son consentement formel, parce que cette dette, malgré la position de l'Autriche vis-à-vis des créanciers, restait en fait une dette commune. Par suite de cette opposition, le ministre des finances autrichien exclut de la conversion 1 405 904 000 couronnes, somme qu'il estima correspondre approximativement à l'annuité hongroise capitalisée. Cette portion de la dette est connue sous le nom de « Ungarischer Block ».

Depuis le compromis de 1907, l'Autriche a le droit de convertir ce bloc quand et comme elle l'entend, et, dans un délai maximum de 22 ans à partir de cette conversion, la Hongrie est tenue de lui rembourser le capital de sa dette alors qu'avant l'Ausgleich de 1907, ce remboursement était facultatif. Mais le gouvernement autrichien réclamait la capitalisation au taux réel de 4,2 % ; les Magyars au contraire prétendaient s'en tenir au taux d'intérêt nominal et tout au moins à celui de 1867, c'est-à-dire 4,6 %. Des concessions réciproques résulta la combinaison suivante. Si la Hongrie rembourse sa dette avant la douzième année à dater de la conversion du 4,2 % par l'Autriche, le taux sera 4,3 % et la somme à verser atteindra 1 348 800 000 couronnes ; si le remboursement est postérieur à cette douzième année, le taux décroît par échelon annuel jusqu'à 4,2 % et la somme à payer atteindra, après les 22 ans, 1 389 000 000 couronnes. Le tiers environ, dans les deux cas, doit être payé en espèces sonnantes.

La Hongrie doit donc s'efforcer, dans le premier terme de 12 ans, d'emprunter au pair et au maximum à 4 % la somme nécessaire au remboursement de sa dette. L'Autriche, de son côté, a un double intérêt à ne recevoir que le plus tard possible, après la conversion du bloc hongrois, le capital auquel elle a droit : plus

tard il lui sera payé, plus longtemps elle jouira du gain réalisé par la conversion du bloc ; plus tard il lui sera payé, plus le montant de ce capital se rapprochera de 1389 millions. Néanmoins, l'extinction de la dette hongroise renforcera le crédit de l'Autriche chargée, vis-à-vis de l'étranger, du poids supplémentaire de 1 400 millions de couronnes. La situation actuelle du marché monétaire, le chiffre élevé des dettes flottantes autrichienne et hongroise, les emprunts en perspective destinés à couvrir les frais de mobilisation et les dépenses navales croissantes, rejettent cette conversion dans un lointain avenir.

La question des tarifs de chemin de fer est de grande importance, car des tarifs différentiels peuvent être l'équivalent d'une barrière douanière.

Les chemins de fer — sauf les voies d'intérêt local, c'est-à-dire celles qui n'atteignent pas la frontière commune — doivent être administrés et construits d'après des principes et des règles semblables, dont les modifications exigent l'accord préalable des deux administrations. Le compromis de 1907 maintient ce point.

L'Ausgleich précédent contenait le principe de la parité de traitement ; son article 10 ne faisait que reproduire le premier alinéa de l'article 15 du traité de commerce germano-austro-hongrois du 6 décembre 1891. Il y était stipulé que tous les tarifs et réductions de tarifs accordés aux produits d'un des deux États sont garantis dans les mêmes conditions aux produits semblables de l'autre État, soit qu'ils transitent, soit qu'ils ne franchissent pas la frontière commune extérieure. Ici encore rien de changé dans le compromis de 1907, mais les deux clauses suivantes ont été supprimées.

Les tarifs d'exportation établis par l'Etat sur ses chemins de fer à lui, sont garantis comme tarif maximum aux produits d'exportation de l'autre État.

Les réductions de tarifs consenties sur les chemins de fer de l'État pour le transit de marchandises étrangères sont accordées aux mêmes marchandises, quand elles viennent de l'autre État. Ces deux dispositions avaient été d'ailleurs, dès le début, fort critiquées en Autriche : elles entraînaient pour elle un sacrifice pécuniaire considérable, parce que les marchandises hongroises en transit dépassaient de loin la masse des produits autrichiens traversant le territoire hongrois, et aussi parce que le transit étranger devait pour atteindre la frontière commune franchir des distances beaucoup plus longues que les produits hongrois admis cependant à jouir des mêmes réductions.

L'Autriche et la Hongrie trouvent donc dans leurs tarifs de chemins de fer une arme dangereuse ; dans leurs tarifs d'exportation elles peuvent désormais n'avoir en vue que leur intérêt propre.

L'Ausgleich de 1907 ne touche pas aux droits que l'Autriche exerce comme portier de la Hongrie. Celle-ci, en effet, est au Nord, à l'Ouest et en grande partie au Sud, bornée par le croissant autrichien. Fiume est la seule issue libre vers l'étranger ; pour l'exportation de ses produits agricoles en Allemagne, en Suisse, ses meilleurs débouchés, la Hongrie doit emprunter le réseau autrichien. Or, de l'extrême Sud de la Silésie à la frontière hongroise, d'Annaberg à Jablunkau, il n'y a que 64 kilomètres, exploités par une compagnie austro-hongroise, la compagnie Kaschau-Oderberg. D'Oderberg, terminus du réseau, 5 kilomètres à franchir jusqu'à Annaberg, frontière prussienne, mais ces 5 kilomètres sont desservis par le Staatsbahn, le chemin de fer de l'État autrichien !

La Hongrie désirait naturellement que la compagnie qui dépend des deux gouvernements fût autorisée à pousser sa ligne jusqu'à la frontière allemande. L'Autriche n'a consenti qu'au dédoublement de la voie sur

son territoire, concession assez chiche, mais importante néanmoins pour la Hongrie, car l'encombrement de cette ligne qu'empruntent son exportation de bétail, de bois, de céréales, de farine, et son importation de charbons silésiens, était tel que le commerce germano-hongrois en souffrait. L'Autriche cependant n'a accordé la concession que devant le refus des Hongrois de construire le chemin de fer dalmate. Entre la Dalmatie et l'Istrie, s'intercale la Croatie, et entre ces deux parties du territoire autrichien les communications, faute de voies ferrées, ne se font que par cabotage. A cause de leur grand éloignement, les ports et les chemins de fer dalmates étaient négligés par Vienne, mais les habitants se sont chargés de rappeler au Gouvernement les dangers politiques du délaissement dans lequel on les tenait. En échange du dédoublement de la section d'Oderberg, les Hongrois ont promis de construire une voie reliant Rudolfswerth, terminus d'une ligne quittant à Laibach la grande artère Vienne-Trieste, à Knin, localité du Nord de la Dalmatie, où aboutissaient les voies ferrées des deux ports de Sebenico et Spalato.

Le coût de cette ligne est évalué à 100 millions de couronnes, et la durée des travaux à sept ans. Un consortium s'est formé en 1912 entre la Lokalbahngesellschaft, la Wiener Unionbank, la Ungarische Agrar und Rentenbank et la Pester Commerzialbank en vue de mener la construction à bonne fin.

Les trois principes généraux réglant la navigation intérieure n'ont subi aucune modification en 1907.

Toutes les questions de navigation et de batellerie se rapportant aux fleuves auxquels peuvent encore s'appliquer les décisions du Congrès de Vienne et celles de l'Acte de navigation du Danube de 1857 sont du ressort du ministre des affaires extérieures, si le

différend surgit entre l'un des deux États et un pays étranger.

Les affaires concernant les fleuves qui traversent le territoire des deux États dépendent des deux gouvernements et sont réglées d'accord entre les deux intéressés.

Dans la navigation et le flottage sur tous les cours d'eau, l'égalité est assurée aux citoyens des deux pays.

Mais la question du pavillon dévoile les susceptibilités nationales. Avant 1907, les bateaux de commerce autrichiens et hongrois, devaient en territoire étranger arborer le pavillon commun, c.-à-d. celui du commerce maritime. Pendant leur voyage en territoire austro-hongrois, faute d'entente, la coutume contraire aux usages internationaux avait prévalu : les bateaux autrichiens, par exemple, dès leur arrivée en Hongrie amenaient leur pavillon et arboraient le pavillon magyar.

Actuellement, dans ce cas, chaque navire, un hongrois supposons, conserve son pavillon national à l'arrière, mais pendant ses escales en Autriche, il doit en outre hisser au mât le pavillon autrichien.

Aucun changement n'a été apporté en 1907 aux stipulations réglant la navigation maritime. L'accord des deux gouvernements est nécessaire dans les affaires communes, comme les phares. La liberté et l'égalité sont assurées aux citoyens des deux pays en matière de pêche et de navigation.

Le Lloyd autrichien était autrefois considéré comme entreprise commune et fut désigné jusqu'en 1891 sous le nom de Lloyd austro-hongrois.

En dehors du compromis, les deux gouvernements s'étaient entendus il y a quelques années pour répartir le trafic des lignes régulières de Trieste et de Fiume. Au Lloyd, l'Orient, les échelles du Levant, la mer Noire, l'Égypte, les Indes, la Chine, le Japon. A

l'Adria, l'Occident, la Méditerranée occidentale, l'Allemagne et la mer du Nord. A l'Austro-Americana et à l'Adria, l'Amérique du Sud. En 1906 cet accord fut provisoirement prolongé jusqu'en 1911, mais n'a pas été renouvelé.

Après la guerre de Napoléon, en vue de réformer la circulation financière, le gouvernement autrichien accorda à la Banque Nationale d'Autriche, fondée en 1816, le privilège de l'émission. Comme ce privilège avait été en 1862 renouvelé jusqu'en 1878, on ne souleva pas la question de la Banque lors de l'établissement du compromis de 1867, et, pour ne pas compliquer davantage des affaires déjà assez embrouillées, le statu quo fut adopté pour les dix premières années de l'Ausgleich. Mais à leur expiration, la Banque d'Autriche devient la Banque Austro-Hongroise ; une seconde direction est installée à Budapest ; l'assemblée générale cependant et le conseil général conservent leur siège à Vienne. L'Empereur, sur la proposition des deux ministres des finances, choisit le gouverneur parmi les douze conseillers généraux dont deux doivent être hongrois. A chacune des directions de Vienne et de Budapest, il appartient de décider du crédit accordé dans leur territoire, mais au conseil général sont réservées la direction et la surveillance du mouvement des affaires, et la fixation du taux bancaire unitaire pour toute la monarchie.

Le renouvellement du privilège se fit aisément en 1888, mais en 1896 les négociations furent longues et pénibles. Les demandes des Hongrois étaient catégoriques, l'obstruction systématique entravait l'activité législative du Reichsrat et des prolongations annuelles renouvelèrent successivement le privilège jusqu'en 1899. Pour la décade 1900-1910, la situation fut réglée comme suit :

L'assemblée générale, selon la majorité des actionnaires, doit avoir lieu à Vienne ou à Budapest, — en fait, c'est toujours Vienne.

Les douze conseillers généraux, dont six au lieu de deux seront hongrois, siégeront alternativement à Vienne et à Budapest. Le conseil général comprend le Gouverneur, un vice-gouverneur et un vice-gouverneur adjoint autrichiens, un vice-gouverneur et un vice-gouverneur adjoint hongrois. Tous les cinq sont nommés par l'Empereur, le premier sur la proposition du ministre des finances commun, les quatre autres sur la proposition du ministre des finances de leur pays ; mais, dans l'espoir peut-être de voir se succéder alternativement des gouverneurs autrichiens et magyars, les Hongrois demandent et obtiennent que le gouverneur soit nommé pour cinq ans seulement.

Jusqu'alors, sur la totalité des bénéfices provenant des opérations et de l'avoir de la Banque, on prélevait en faveur des actionnaires, déduction faite de tous les frais généraux, 5 % du capital versé. Le reste était divisé en deux parts, l'une de 10 % attribuée aux fonds de réserve et des pensions, l'autre haussant le dividende jusqu'à 7 %. Si après ce dernier prélèvement il restait un solde, la moitié était ajoutée au dividende, l'autre moitié partagée entre les deux États dans la proportion de 70 % en faveur de l'Autriche et de 30 % en faveur de la Hongrie.

En 1900, cette quote-part fut modifiée, les bénéfices sont répartis d'après l'importance des affaires réalisées par la Banque dans chaque État (1). Cette proportion a atteint :

(1) En outre le premier dividende à distribuer a été ramené à 4 %; le reliquat est réparti par moitié entre les actionnaires et l'État, tant que le dividende total ne dépasse pas 6 % du capital versé; à raison du tiers aux actionnaires et des deux tiers à l'État, quand le dividende excède 6 %.

en	1908	1909	1910	1911	1912
pour l'Autriche	48,86 %	53.48 %	54,77 %	51,72 %	44,47 %
» la Hongrie	51,14 %	46,52 %	45,23 %	48,28 %	55,6 % (1)

Ces résultats prouvent que la Banque est loin de négliger les intérêts de la Hongrie, puisque sa population n'atteint pas 50 % de celle de la Monarchie et que l'activité de sa vie économique est largement dépassée par celle de l'Autriche.

En paiement de son privilège d'émission, la Banque a consenti aux deux États un prêt sans intérêt de 60 millions de couronnes. Depuis 1878, il est convenu qu'en cas où le privilège ne serait pas renouvelé, l'Autriche seule remboursera le prêt ; les 30 % à la charge de la Hongrie, seront versés par elle à l'Autriche en 50 ans et sans intérêt.

A ces avantages découlant immédiatement des stipulations du traité s'en ajoutent d'autres pour la Hongrie et qui sont les conséquences de la communauté bancaire. Le taux d'escompte est plus bas que celui dont jouiraient le commerce et l'industrie hongrois dans l'hypothèse d'une banque d'émission indépendante; il est même plus bas que celui de la Reichsbank. Avantage précieux pour un pays où le capital est insuffisant et s'accroît lentement, où la vie économique se développe et ressent la nécessité du crédit à bon marché, où l'État, pour ses emprunts et pour la jeune industrie

(1) La proportion de traites à payer est à peu près la même des deux côtés, mais de grands écarts se manifestent dans les opérations de prêts sur gage mobilier et d'avances sur titres, car l'Autriche est bien plus riche que sa voisine. Cet écart est en partie compensé par l'importance des prêts hypothécaires dont près de 4/5 sont accordés à des Hongrois.

Ces opérations hypothécaires sont spéciales à la Banque austro-hongroise; aucune autre Banque d'émission du continent ne fait d'opérations semblables, la réalisation de ces titres n'étant pas assez facile pour constituer la contrevaleur d'une circulation fiduciaire. Une section spéciale de la Banque est chargée de ces opérations et son règlement lui interdit de dépasser dans ces prêts la somme de 300 millions de couronnes.

qu'il soutient artificiellement, a besoin des capitaux étrangers.

La Banque austro-hongroise a rendu un autre service important à la Hongrie. Grâce à sa force de grand établissement de banque commune et au crédit de l'Autriche, la réforme monétaire a été réalisée et le cours forcé aboli. En 1892 fut établi l'étalon d'or ; des emprunts extérieurs furent conclus dont le produit, payé et importé en or effectif, permit de retirer de la circulation les billets d'État. Il y en avait à cette date pour 312 millions de florins. L'opération se prolongea jusqu'en 1907 ; pendant ces quinze ans, la Banque avait reçu de l'État 40 millions de florins en argent et 272 millions en or, soit 80 millions et 544 millions de couronnes. Par de l'argent et par ses billets elle remplaça les billets en circulation et se constitua une encaisse or. La Hongrie n'intervint dans ces versements que pour sa quote-part habituelle, c'est-à-dire 30 %.

Depuis lors, la Banque a augmenté son encaisse or et a pu ainsi donner à sa circulation fiduciaire l'élasticité nécessaire.

La statistique suivante montre la situation avantageuse de la Banque à la veille du dernier renouvellement de son privilège.

	1892	Août 1910
encaisse or	160 000 000 couronnes	1 392 000 000
circulation or	40 000 000 (évaluation)	220 000 000
total	200 000 000	1 672 000 000

Malgré les réels avantages de l'union bancaire, le parti national hongrois en 1909 voulait à tout prix la séparation.

La fascination du mot d'indépendance et la recherche de la popularité expliquent mieux les desiderata de ce

programme que les arguments tirés de la situation du pays.

Le programme du parti a pour point de départ essentiel l'indépendance économique ; de là l'importance de la revendication d'une banque nationale hongroise. Lors des dernières négociations au sujet du renouvellement du privilège, les partisans de la séparation étaient divisés. Le premier ministre M. Weckerlé, et le ministre de l'intérieur M. Jules Andressy, se maintenant sur le terrain du compromis de 1867, cherchaient un mode pacifique d'entente entre les deux États. Le ministre du commerce, M. Kossuth, et le comte Albert Apponyi, ministre de l'instruction publique, défendaient les propositions radicales, la séparation immédiate. Cette désunion du cabinet amena la démission de M. Weckerlé et l'avènement du comte Khun Hedervary qui s'entoura de partisans de 1867. Le privilège de la Banque austro-hongroise fut prorogé jusqu'au 31 décembre 1917 (1). Les évènements récents offraient aux défenseurs de l'union un argument de haute portée. Pendant la crise politique qui avait suivi l'annexion de la Bosnie et de l'Herzégovine et la tension des rapports entre l'Autriche, la Russie et la Serbie, la banque était parvenue, sans être obligée de fournir de l'or aux porteurs de billets, à maintenir le change au pair, alors qu'autre-

(1) Les principales modifications apportées aux statuts de la Banque sont les suivantes. Le total des billets en circulation doit être couvert par de l'or à raison des 2/5 de leur valeur nominale, le reste doit être garanti par le portefeuille commercial. Avant 1911, la Banque ne pouvait émettre des billets de 10 et 20 couronnes que contre garantie d'or en caisse. En supposant donc le montant de l'encaisse inchangé, la banque a pu en 1911 ajouter à la circulation les 3/5 du chiffre pour lequel sa circulation était composée de billets inférieurs à 50 couronnes. D'après les anciennes dispositions, la banque devait acquitter un impôt de 5 % sur la partie de l'émission qui dépassait de 400 millions l'encaisse métallique. Ce chiffre est majoré de 50 % et la circulation imposée est celle qui dépasse de plus de 600 millions la contre-valeur métallique. La banque a été autorisée à comprendre dans sa réserve-or, pour un maximum de 60 millions de couronnes, des effets sur l'étranger payables en or à moins de 90 jours.

fois dans les périodes de trouble l'agio sur l'or s'élevait rapidement. Elle avait ainsi soutenu la puissance militaire et le prestige de la monarchie. Le moment semblait donc mal choisi pour transformer cet établissement qui venait de rendre des services aussi appréciables. C'est grâce à l'Autriche d'ailleurs que l'or entre dans le pays. Sur ce point cependant, les Autrichiens exagèrent le rôle économique de leur patrie. Sans doute, ses exportations à l'étranger sont quatre fois, cinq fois même d'après quelques-uns, plus fortes que celles de la Hongrie. De 1884 à 1911, si nous consultons les statistiques, la Hongrie n'a jamais envoyé en Autriche moins de 70 % du total de ses exportations ; la proportion ordinaire est 74 %. Il est indubitable toutefois que beaucoup d'articles de provenance hongroise figurent dans les statistiques générales de l'exportation comme produits autrichiens (1). Impossible d'apprécier exactement la part de chacune des deux nations dans ce mouvement d'affaires.

Il faut tenir compte aussi du phénomène inverse, mais beaucoup moins important, et surtout de l'or envoyé ou ramené par les émigrants de Hongrie dans leur patrie. Somme toute, vis-à-vis de sa voisine, l'Autriche est toujours créditrice et par son commerce et par sa situation sur les marchés des valeurs et des capitaux. Seule, devant l'étranger, la Hongrie ne trouverait pas le crédit que lui procure son union avec Vienne. Si la Banque n'avait comme clients que des industriels et des commerçants autrichiens, elle abaisserait probablement son taux d'escompte ; d'un autre côté, comme les traites hongroises sont actuellement acceptées par elle, les banques autrichiennes n'hésitent pas à en garnir leur portefeuille à cause de la facilité

(1) Cfr. à ce sujet l'article de M. H. Trautinan dans *Wirtschaftliches und Kulturelles aus Ungarn*. Vorträge des VII internat Wirtschaftkursus.

du réescompte. Une banque hongroise indépendante ne verrait-elle pas les banques autrichiennes plus circonspectes et moins empressées, et ne serait-elle pas obligée de maintenir son taux d'escompte plus haut que celui de la banque commune? Un Hongrois, M. Hugo Marki, professeur d'économie politique à l'École normale supérieure de commerce, déclare : « Comme la balance de la Hongrie est généralement défavorable, si le pays était autonome au point de vue bancaire, sa situation deviendrait moins bonne, au moins pendant un certain temps. Nous éprouverions des difficultés à payer nos dettes extérieures. S'il n'en est pas ainsi actuellement, c'est parce que notre principal créancier extérieur est l'Autriche ; notre système monétaire étant commun, nous pouvons la payer en billets de banque ou en florins d'argent. Or cette ressource nous manquerait, si nous étions tout à fait séparés et notre or quitterait la Hongrie » (1). D'après les calculs de M. Fellner, directeur de la Ungarische agrar-und Rentenbank, le passif net annuel de la Hongrie atteindrait 208 millions de couronnes. L'Autriche perdrait également, mais dans une moindre proportion, à la séparation bancaire, car une banque possédant une forte encaisse est toujours plus puissante que deux établissements qui se partageraient ses écus et ses lingots. Aussi, en vue de maintenir l'unité de banque, l'Autriche avait-elle déjà en 1907, lors des négociations de l'Ausgleich, accueilli favorablement une demande du gouvernement hongrois à laquelle celui-ci attachait grande importance. Pour élargir le marché de ses fonds d'État, le gouvernement magyar souhaitait qu'ils fussent traités en Autriche comme fonds d'État autrichiens, et assurés ainsi de la clientèle des établissements publics. Seule la rente commune, en fait autrichienne, jouissait de ce

(1) Cfr. *Wirtschaftliches und Kulturelles aus Ungarn.*

privilège. L'emprunt hongrois qui sera émis pour la conversion du « Blokrente » en jouira désormais aussi, et les autres fonds d'État seront admis, mais toujours sous la réserve du renouvellement du privilège de la Banque, comme placements des capitaux des caisses d'épargne, des compagnies d'assurances, des cautions administratives. A cause de ses nombreuses relations avec la Hongrie, l'Autriche a un intérêt primordial à y trouver une monnaie saine. L'industriel ou le commerçant autrichien créancier de 1000 couronnes désire ne pas devoir craindre que cette somme, le jour de l'échéance, ne représente que 990 couronnes autrichiennes. Après la séparation, est-ce en monnaie hongroise ou autrichienne que dettes, rentes, lettres de change seront payées ? Vu la forte prédominance de l'agriculture dans le commerce d'exportation de la Hongrie, il est bien probable que, pour défendre son or, la banque préfère à l'élévation du taux de l'escompte la cessation des paiements en espèces ; l'agio sur l'or serait une prime à l'exportation hongroise. Aussi, en prévision de la séparation à craindre en 1917, l'Autriche s'est-elle garantie contre ses conséquences. En 1907, il a été convenu entre les deux États que si le privilège de la Banque n'est pas renouvelé, le règlement financier de leurs obligations réciproques, garanties par traité, se fera sur la base de l'unité monétaire d'or, la couronne d'or fin de 0, 304 grammes. En outre, les deux gouvernements s'engagent, avant de s'occuper de la banque hongroise, à conclure un accord de nature à assurer l'exécution des dispositions de l'Ausgleich et surtout à éviter que l'action résultant d'une différence éventuelle de la valeur de la monnaie supprime le libre commerce entre les deux États ou y mette obstacle. Donc si en 1917 les partisans de l'indépendance triomphent, obligation de négocier une entente sur la question ; or, d'après la teneur des traités précédents, à l'expiration

du privilège, chacun reprenait simplement sa liberté. Obligation aussi de tomber d'accord, et cela avant d'établir la banque autonome. L'Autriche n'entend donc céder sur la question de la banque qu'à condition de trouver les remèdes prévenant les perturbations ruineuses de la monnaie dépréciée.

Le porteur du billet austro-hongrois n'a pas le droit d'en exiger le remboursement en espèces ; la loi déclare néanmoins que la couronne est l'unité monétaire, et cette couronne est un certain poids d'or. Le législateur a établi une différence entre la façon dont il entend que la banque se comporte suivant qu'il s'agit de maintenir ses billets à la parité des monnaies étrangères ou au pair de l'or austro-hongrois. D'après ses statuts, la banque est tenue d'employer tous ses moyens disponibles à assurer d'une façon permanente le maintien des changes au cours qui correspond à la valeur intrinsèque de la couronne et qui exprime celle de ses billets. Si elle négligeait de remplir cette prescription pendant tout le temps que demeure suspendue l'obligation de rembourser ses billets en or, son privilège pourrait lui être retiré. Naturellement, il ne s'agit pas ici des oscillations ordinaires de cours qui se produisent même entre pays où les billets sont remboursables en or à guichet ouvert. Pour se conformer aux intentions du législateur, la banque doit donc fournir aux acheteurs de devises étrangères les sommes dont ils ont besoin, soit en leur cédant des crédits dont elle dispose chez ses correspondants du dehors, soit en se créant des disponibilités sur les places étrangères par des envois d'or, mais ses obligations se limitent au maintien de la parité avec les monnaies étrangères. On ne peut nier toutefois que, si ses billets venaient à subir une perte vis-à-vis de l'or à l'intérieur de la monarchie, la répercussion sur le cours des changes serait inévitable.

Comment le billet maintiendrait-il sa valeur par rapport à l'or étranger sans la conserver par rapport à l'or indigène ?

La prescription légale, inscrite dans les statuts, équivaut donc à ordonner le remboursement en or, et, cependant, l'application de l'article 83, qui fait de ce remboursement la règle, demeure suspendue de droit, alors qu'en fait la Banque, pour maintenir le cours des changes, peut être constamment amenée à donner de l'or. Habituée au cours forcé, la population de l'empire se passe d'or. En 1902, quand la Banque essaya de le mettre en circulation, la tentative échoua. Mis en concurrence avec les petites coupures de 10 et 20 couronnes, le métal jaune reflua à sa source (1).

Aussi plusieurs économistes, entre autres le docteur Knapp, professeur d'économie politique à l'Université d'Heidelberg, se sont-ils déclarés partisans de la théorie qui considère l'or comme simple couverture et l'enferme dans les caves de la Banque. La circulation la plus parfaite est celle où le crédit et la monnaie fiduciaire économisent le métal jaune. Sur la question de doctrine et la question de fait, Autrichiens et Hongrois naturellement se divisèrent. Ces derniers entrevoyaient, après l'adoption du paiement en espèces, les marchés étrangers traitant les rentes hongroises comme dette d'or et leur accordant un crédit supérieur ; c'était leur

(1) De là suit qu'en Autriche l'évaluation du stock d'or est plus facile à faire qu'en France et en Angleterre, et que l'encaisse de la Banque en est quasi l'unique réserve.

Tableau indiquant le montant de l'encaisse or et de la circulation des billets des quatre grandes Banques d'émission en 1913 :

	B. Autr.-Hongr.	B. de France	B. d'Anglet.	Reichsbank
Date....	23 juin	26 juin	25 juin	26 juin
	—	—	—	—
Enc. or...	1 211 052 000 c.	3 316 000 000 fr.	960 500 000 fr.	1 415 000 000 m.
Traites or	60 000 000 c.			
Circulat^on	2 174 000 000 c.	5 398 000 000 fr.	716 500 000 fr.	1 754 597 000 m.

affranchissement du marché autrichien ! Ces espérances étaient-elles fondées ? Ce qui touche surtout les prêteurs étrangers, c'est la promesse, l'assurance du paiement du coupon en une somme libellée exactement en francs, livres sterling ou dollars, et cela, le gouvernement hongrois ne pouvait-il pas le faire sans l'adoption du paiement en espèces ? Le cours forcé actuel, ou l'obligation boiteuse du remboursement, répondaient les Autrichiens, a l'avantage qu'en temps de resserrement monétaire, l'encaisse or se trouve mieux défendue que par la hausse du taux de l'escompte ; ce relèvement, par sa soudaineté, surtout si la crise se prolonge et si le taux est élevé, impose toujours de gros sacrifices au commerce et à l'industrie.

En 1911, la question ne fut pas résolue. L'article 83 impose à la Banque le remboursement de ses billets en or à toute réquisition. Mais l'article 111 en suspend l'application jusqu'à ce que les deux gouvernements aient pris à ce sujet les mesures d'exécution nécessaires. Ces deux articles ont été maintenus ; seulement, tandis qu'autrefois il appartenait aux deux Parlements de juger des circonstances dans lesquelles le paiement en espèces pouvait être refusé, ce pouvoir a été, en 1911, dévolu au gouvernement des deux pays de la monarchie. De son côté, la Banque a reçu, en guise de concession à la thèse hongroise, le droit de proposer en tout temps aux gouvernements l'abrogation de l'article 111.

Que conclure de ces pénibles renouvellements de l'Ausgleich et des exigences croissantes du parti magyar à l'expiration de chaque décade, si ce n'est que la séparation est désirée et espérée par les Hongrois et envisagée par l'Autriche comme à peu près inévitable. Tous les liens seront-ils rompus en 1917 ? Quels sont ceux que la prudence évitera de briser ou que l'appréhension de l'inconnu fera respecter à regret ?

Quelle influence perturbatrice les événements extérieurs exerceront-ils à cette date? *Chi lo sa!*

En parlant de l'union de l'Espagne et du Portugal, A. Ganivet écrivait en 1896, dans son « Idearium Español » : « Si nous devions être unis comme l'Angleterre et l'Irlande, comme la Suède et la Norvège, comme l'Autriche et la Hongrie, mieux vaut encore que nous restions séparés. » Et, en effet, lorsque l'union politique ou économique ne s'établit qu'entre deux pays, elle apparaît, presque nécessairement, au plus faible comme une humiliation ou comme un joug. Malgré ses avantages, l'union lui pèse, il préfère même les oublier et, pour y réussir plus sûrement, il s'obstinera à ne considérer que les malheurs et les maux dont elle peut être la cause ou l'occasion. Récriminations et plaintes trouveront ainsi leur justification. En organisant, il y a 47 ans, au lieu du dualisme, le trialisme ou même l'union à quatre, l'Autriche n'aurait-elle pas affaibli les tendances séparatistes?

Que la Hongrie, avant de consommer son divorce économique, se rappelle l'union hollande-belge. Si la rupture s'est produite après quinze ans, les motifs ne doivent-ils pas en être recherchés dans l'organisation et les modes d'application de l'union des deux pays? Les questions de religion, de langue, d'influence politique n'étaient pas en elles-mêmes des causes inévitables de séparation. Ces problèmes auraient pu être résolus par un monarque plus conciliant et plus habile que le roi Guillaume. Les avantages économiques et politiques de cette union largement comprise et loyalement observée ont été, ou plutôt n'ont été qu'après coup appréciés et estimés. Ils pourraient instruire et éclairer les Hongrois trop impatients.

L'exclusion d'un marché de 30 millions d'habitants, la perte du crédit autrichien, l'affaiblissement inséparable de toute division, l'isolement en Europe, seront-

ils compensés par des satisfactions d'amour propre national, comme celles de ne voir flotter que des couleurs hongroises et de posséder à l'étranger une représentation indépendante ? La Bavière les possède aussi tout en entrant comme partie dans un organisme plus vaste. Pourquoi le système fédératif en Autriche-Hongrie ne les procurerait-il pas aux Magyars ? Si l'union actuelle a des défauts, pourquoi la rompre et ne pas se contenter de la modifier et de la perfectionner ? Serait-il téméraire d'affirmer qu'en poursuivant ces symboles d'indépendance, les Hongrois lâcheraient la proie pour l'ombre ? Dans la lutte actuelle des peuples et des individus, l'union des forces n'est-elle pas l'arme recherchée ? N'est-ce pas au cartel, au syndicat, au trust, à l'union professionnelle, au ring, aux fusions banquaires, aux unions douanières qu'ouvriers, commerçants, armateurs, industriels, financiers, et ministres ont recours pour triompher ?

L'Allemagne ne doit-elle pas sa force d'expansion, sa richesse et son prestige à l'union impériale qui groupe en un seul État 66 millions de consommateurs et donne ainsi à son commerce, à son armée, à sa politique, le rapide développement, la force redoutable, la prépondérance que jamais une Allemagne morcelée n'aurait pu acquérir ? N'est-ce pas en grande partie à leur union, à l'absence de barrières douanières de l'Atlantique au Pacifique, que les États-Unis doivent le colossal essor de leur industrie ? Que serait l'Afrique du Sud, si les tendances et les opinions individualistes ou séparatistes avaient triomphé et empêché la constitution d'un Dominion où chaque État abdique sans doute une partie de sa souveraineté, mais reçoit en échange les avantages moraux et matériels d'une coopérative commerciale et politique ? Entourée de voisins puissants comme l'Allemagne et la Russie, la Hongrie indépendante et isolée sera faible, et c'est par son entrée dans un

système d'alliance ou d'union qu'elle retrouvera la force et la considération ; mais alors pourquoi répudier l'union actuelle ?

Évidemment, la séparation d'avec l'Autriche ne sera pas la ruine de la Hongrie. Des pays moins riches se sont développés dans des conditions plus défavorables et ont acquis leur individualité politique, la Serbie par exemple. Mais quoi qu'elle fasse, après la séparation, la Hongrie souffrira d'une crise plus ou moins longue et violente, et la convalescence terminée, peut-elle être assurée de trouver mieux que la situation présente ? Avant de rompre leur union séculaire, que l'Autriche et la Hongrie se rappellent le nom ou plutôt la devise qu'elles ont choisie pour baptiser leur premier dreadnought : *Viribus Unitis*.

J. Charles, S. J.

LA PARTHÉNOGÉNÈSE [1]

II

LA PARTHÉNOGÉNÈSE EXPÉRIMENTALE

Nous serons le premier à reconnaître que la limite entre parthénogénèse naturelle et parthénogénèse expérimentale est souvent imprécise.

Tenir des reines d'abeilles en captivité, comme le fit Dzierzon, et vérifier ainsi que leur génération agame est constamment arrhénotoque ; faire varier les conditions de milieu nutritif, de température, d'éclairement, pour arriver à constater avec Klebs que les gamètes du *Protosiphon* se conjuguent lorsque la lumière est plus intense, quand la température n'atteint pas 27°, ou lorsque l'eau contient moins de 0,3 °/₀ de sels nutritifs : cela pourrait certainement s'appeler parthénogénèse expérimentale. Mais comme ces expériences ont pour but de rechercher les conditions naturelles dans lesquelles l'œuf de l'abeille ou les gamètes du *Protosiphon* se développent sans fécondation, on préfère les ranger sous la rubrique de parthénogénèse naturelle. On réserve l'appellation d'expérimentale — ou d'artificielle — à la parthénogénèse provoquée par des agents spécialement destinés à remplacer l'action du spermatozoïde sur l'œuf normalement incapable d'effectuer son développement sans amphimixie.

(1) Voir : REVUE DES QUEST. SCIENT., livraison d'octobre 1913, pp. 546-573.

Dans un récent mémoire que nous aurons à citer plusieurs fois, Herlant (1) écrit avec raison : « La parthénogénèse expérimentale n'est pas un but, elle est uniquement *un moyen* d'aller plus loin que l'observation pure et simple dans *l'analyse de la fécondation normale*... Le développement parthénogénétique d'un œuf d'oursin ou de grenouille n'est, par lui-même, qu'une simple curiosité tératologique ; il n'acquiert droit de cité dans la Biologie qu'à la condition d'être à tout moment l'objet d'une comparaison rigoureuse avec l'évolution d'un œuf normal » (p. 506-507).

C'est à cette étude comparée que se sont appliqués les divers auteurs qui, durant ces dernières années, ont le plus fait progresser la question de la parthénogénèse expérimentale.

En se plaçant à un point de vue logique, on pourrait poser comme suit les principaux problèmes que théoriciens et expérimentateurs ont tâché d'éclaircir. Est-ce nécessairement le spermatozoïde, qui, par l'amphimixie, doit fournir au noyau maternel l'apport matériel dont celui-ci a besoin, ou bien la cellule sexuelle mâle n'exerce-t-elle qu'une action banale ? Dans ce dernier cas, le spermatozoïde remplit-il le rôle d'un agent physique, mécanique ou chimique ? Quels sont les agents artificiels qui peuvent le remplacer pour mettre en branle les segmentations de l'œuf et les diriger dans la voie de l'évolution normale ? Comment cette supplétion s'opère-t-elle ?

I. *La fécondation sans amphimixie*

On considère généralement la collaboration des chromosomes paternels et maternels à la première cinèse de segmentation comme étant le stade essen-

(1) Maurice Herlant. *Étude sur les bases cytologiques du mécanisme de la parthénogénèse expérimentale chez les Amphibiens.* ARCHIVES DE BIOLOGIE, t. XXVIII, fasc. 4, 25 nov. 1913.

tiel de la fécondation. Si l'on s'en tient à cette terminologie, il y a certaines unions de cellules sexuelles sans fécondation proprement dite, et le développement qui en résulte est parthénogénétique. Quoi qu'il en soit d'ailleurs de la justesse de cette classification, l'étude des déviations de la fécondation normale dont nous voulons parler a joué un grand rôle dans l'évolution des idées sur la parthénogénèse artificielle proprement dite. Il est donc nécessaire que nous disions ici quelques mots de la *mérogonie*, *de l'union d'éléments sexuels irradiés* et *de la fécondation croisée entre espèces éloignées*.

La *mérogonie* consiste dans la fécondation de fragments d'œufs dépourvus de noyau. En 1887 les frères Hertwig (1) avaient eu les premiers l'idée de soumettre à la fécondation des portions non nucléées d'œufs d'oursin ; ils obtinrent seulement la formation d'asters. Deux ans plus tard, Boveri (2) renouvela leurs expériences. Mais la méthode employée par ces auteurs pour obtenir la séparation des noyaux était bien rudimentaire et prêtait à la critique : ils se contentaient en effet de secouer les œufs dans un récipient à moitié plein d'eau de mer et d'ajouter, *in globo*, le liquide où nageaient les spermatozoïdes. En 1898 Yves Delage (3) avec un procédé plus délicat obtient des résultats hors de conteste.

Il sectionne sous le microscope des œufs d'oursin

(1) O. et R. Hertwig. *Ueber den Befruchtungs- und Theilungsvorgang der thierischen Eies unter dem Einfluss sausserer Agentien*. Jenaïsche Zeitschr. f. Naturw. t. XX. 1887. pp. 120-241, 477-510.

(2) Boveri. *Ein geschlechtlich erzeugter Organismus ohne mutterliche Eigenschaften* (Sitz. Ges. Morph. Phys. München, vol V p. 73-83. 1889).

Boveri. *Ueber die Befruchtungs- und Entwickelungsfähigkeit kernloser Seeigeleier* etc... Arch. f. Entw. Mech. vol II. pp 394-444. 1895.

(3) Yves Delage. *Études sur la mérogonie* (Archives de zoologie expérimentale, 3e série, t. VII. pp. 383-417. 1899). — *Sur l'interprétation de la fécondation mérogonique*. (Ibidem, pp. 511-517) C. R. de l'Ac. des Sc. 10 oct. 1898 et 13 oct. 1899.

et féconde les morceaux énucléés ainsi obtenus. Le spermatozoïde pénètre dans le cytoplasme, gonfle, forme le pronucleus mâle et fonctionne comme un noyau fécondé ; les caryocinèses et les segmentations s'accomplissent comme si l'amphimixie avait eu lieu.

La mérogonie a pu être pratiquée par Delage sur des œufs d'Echinodermes (*Echinus*, *Strongylocentrotus*), d'Annélides (*Lanice*), de Mollusques (*Dentalium*). Elle conduit sans trop de difficulté jusqu'à des larves typiques : *Pluteus*, *Veliger Trochophore*.

Les résultats obtenus par Delage au moyen de la mérogonie, ont reçu une confirmation récente dans les expériences faites à l'institut biologique de Berlin sur *les éléments sexuels avariés* soit par l'action du bleu de méthylène ou des rayons ultraviolets, soit surtout par l'*exposition plus ou moins prolongée* aux rayons β et γ des sels de radium (1).

Les rayons β et γ de sels de radium et mesothorium agissent sur la substance chromatique avec une électivité surprenante et leur action est proportionnelle au temps d'exposition.

Si l'on féconde des œufs irradiés de grenouille par du sperme sain, le pronucleus maternel ne se fusionne pas avec le pronucleus mâle, ou, si la fusion a lieu, la chromatine de l'œuf est bientôt résorbée et cependant l'œuf commence à se segmenter.

De ces deux groupes d'expériences on peut bien déduire la conclusion qu'Yves Delage tirait déjà de la

(1) Oscar Hertwig. *Versuche an Tritoneiern über die Einwirkung bestrahlter Samenfäden auf die tierische Entwickelung.* ARCHIV FÜR. MIKR. ANAT. Bd. 82. 1est Heft. 1913. Les travaux précédents se trouvent exposés dans les mêmes Archives à partir du Bd. 77. Ils ont été entrepris par O. Hertwig et continués par Gunther et Paula Hertwig, Opperman, F. Levy, etc.

C'est à l'électivité des rayons β et γ pour les tissus jeunes, encore en voie de segmentation et par conséquent riches en chromatine, qu'est due l'efficacité de la radiumthérapie dans tous les cas de néoplasie pathologique et en particulier contre le cancer.

mérogonie seule : « L'absence de pronucleus femelle ne constitue, pour l'œuf qui en est privé, aucune infériorité; il est peut-être utile pour assurer à l'individu les avantages de l'amphimixie, mais il ne constitue pas un organe utile à la fécondation ni nécessaire au développement des parties de l'organisme » (1).

Si à la place d'irradier les œufs on irradie les spermatozoïdes, la fécondation est encore possible, mais l'amphimixie est plus ou moins entravée. On croirait que le développement de l'œuf fécondé est d'autant plus compromis que l'altération de la chromatine paternelle est profonde. La réalité est toute différente. Des spermatozoïdes exposés pendant plusieurs heures aux rayons β et γ provoquent dans les œufs de grenouille des segmentations tout à fait régulières et les têtards qui en sortent sont normaux, tandis que le développement avorte, quand les spermatozoïdes sont peu irradiés. L'examen microscopique démontra que cette anomalie, à première vue surprenante, s'explique aisément.

Les spermatozoïdes peu altérés libèrent leurs chromosomes qui complètent le nombre haploïdique fourni par le pronucleus femelle. Ils transmettent donc ainsi des organites malades aux cellules de l'embryon qui est produit par les segmentations subséquentes de l'œuf. Au contraire, la chromatine des spermatozoïdes fort irradiés est trop avariée pour être reçue comme matériel de construction dans l'élaboration de l'édifice cellulaire : elle est donc tôt ou tard expulsée et résorbée ; sa présence ne peut donc plus perturber le cycle régulier du développement embryonnaire. Les chromosomes maternels, une fois la première cinèse amorcée par l'entrée du spermatozoïde, suffisent à eux seuls pour assurer le développement ; mais les cellules somatiques des larves ainsi obtenues ont des

(1) Delage, *Op. cit.* (99), p. 405.

noyaux plus petits et leurs chromosomes restent en nombre réduit.

Des résultats identiques avaient d'ailleurs déjà été obtenus par une voie toute différente : l'*hybridation par des gamètes d'espèces très éloignées*.

Dans la fécondation normale, spermatozoïdes et œufs doivent provenir de parents de la même espèce animale ou végétale. On connaît cependant depuis toujours des hybrides issus de l'union d'espèces très voisines ; tel le mulet.

En 1906 Godlewski (1), reprenant des expériences déjà tentées par Loeb (2) obtint le développement d'œufs de *Sphaerechinus* (Échinoderme échinoïde) fécondés par du sperme d'*Anthedon* (Échinoderme crinoïde). C'était déjà un passage d'une classe à une autre ; mais le processus de la fécondation était normal, plus que normal même, puisque le nombre des chromosomes dans les cellules somatiques des larves ainsi obtenues était 16, somme du nombre haploïdique de l'Échinoïde $\left(\frac{n}{2} = 9\right)$ et de celui du Crinoïde $\left(\frac{n}{2} = 7\right)$.

Bataillon (3) en 1906 décrivait le premier exemple d'imprégnation hétérogène sans karyogamie ; il avait résolu la combinaison

Pelodites punctatus ♀ (Anoue) et *Trito alpestris* ♂ (Urodèle)

Il réussit plus tard celle de

Bufo calamita ♀ et *Trito alpestris* ♂

(1) Godlewski. *Untersuchungen über die Bastardierung der Echinoïden und Crinoïdenfamilie*. Arch. für Entw. Mech. Bd. XX. 1906. — *Plasma und Kernsubstanz in der normalen und durch ausseren Faktoren veranderten Entwickelung der Echiniden*. Ibidem. Bd. XXVI, 1908.

(2) Loeb. *The fertilisation of the Egg of Sea Urchin by the Sperm of Star fisch*, Univ. of Calif. public. physiol. Vol. I. 1903.

(3) Bataillon, *Imprégnation et fécondation* (C. R. de l'Ac. des Sc., 11 juin 1906). *L'imprégnation hétérogène sans amphimixie nucléaire chez les Amphibiens et les Échinodermes*. (A propos du travail de H. Kupelwieser) Arch. f. Entw. Mech. Bd. XXVIII, 1909. *Le problème de la fécondation*. Arch. de Zool. exp., 5e série, t. VI, 1910.

Mais les expériences les plus déconcertantes furent celles qui se réalisèrent au laboratoire de Berkeley. Au lieu d'une différence de classes, les espèces croisées par Kupelwieser (1) et Loeb (2) différaient d'embranchements ! C'est avec une véritable stupeur que les zoologistes considéraient les annonces successives de naissances de larves résultant de la fécondation d'œufs de différents genres d'Échinodermes par des spermatozoïdes d'Annélides ou de Mollusques.

Citons seulement quelques exemples de ces croisements.

Sphaerechinus ♀ et *Mytilus* ♂ (Mollusque)
Strongylocentrotus ♀ et *Chlorostoma* ♂ (Mollusque)
Echinus ♀ et *Mactra* ♂ (Mollusque)
Echinus ♀ et *Patella* ♂ (Mollusque)
Echinus ♀ et *Arizia* ♂ (Annélide)
Echinus ♀ et (*Auduinia*) ♂ (Annélide).

L'étude cytologique des œufs ainsi fécondés et des larves qui résultent de ces croisements a amené des constatations analogues à celles que nous avons décrites pour les éléments sexuels irradiés. Les premiers phénomènes de la fécondation sont normaux. Le spermatozoïde se transforme en pronucleus mâle. Les deux pronuclei se rapprochent et même se fusionnent souvent. Mais ensuite, les phénomènes cytologiques deviennent anormaux. La chromatine

(1) Kupelwieser, Hens. *Versuche über Entwickelungserregung und Membranbildung bei Seeigeleiern durch Molluskensperma*. Biol. centralbl. Bd. XXVI, 1906. *Entwickelungserregung bei Seeigeleiern durch Molluskensperma*, Arch. f. Entw.-Mech., Bd. XXVII, 1909. *Weitere Untersuchungen über Entwickelungserregung durch stammfremde Spermien insbesondere über die Befruchtung der Seeigeleier durch Wurmsperma*, Arch. für Zellforsch., Bd. VIII, 1912.

(2) Loeb. *Ueber die Natur der Bastardlarve zwischen dem Echinodermei* (Strongylocentrotus franciscanus) *und Molluskensamen* (Chlorostoma funebrale). Arch. f. Entw. Mech., Bd. XXVI, Heft 3, 1908.

paternelle semble altérée ; parfois elle ne se divise pas ; parfois, à la place de chromosomes elle ne fournit que des grumeaux informes, qui, un peu plus tôt, un peu plus tard seront résorbés. Il y a donc ici, de nouveau, fécondation sans amphimixie. Ce qui le prouve davantage encore, c'est que les larves n'ont dans leurs cellules somatiques que le nombre haploïdique des chromosomes de l'espèce maternelle.

La conclusion qui ressort de ces trois genres de fécondation anormale, mérogonie, hybridation, fusion d'éléments altérés, est que ni la fusion des deux pronuclei mâle et femelle, ni même leur présence simultanée ne sont nécessaires pour déterminer l'œuf à commencer le développement embryonnaire ; donc l'amphimixie n'est pas nécessairement le but de la fécondation considérée comme départ du processus évolutif.

De plus, l'action du spermatozoïde de l'espèce peut être suppléée par des spermatozoïdes de groupes zoologiques extrêmement éloignés aussi bien que par des produits sexuels altérés.

Il semblerait difficile d'admettre que des éléments si divers aient un rôle spécifique. Les expériences de fécondation artificielle fournissent la preuve directe que des agents banaux sont suffisants à eux seuls pour provoquer le développement embryonnaire.

II. *La Parthénogénèse expérimentale des Invertébrés* (1)

Les premières expériences de parthénogénèse expérimentale sont assez anciennes. Dès 1886, Tichomirow obtenait des embryons de six jours par simple frotte-

(1) Outre l'ouvrage de Delage, mentionné au début de cet article, on doit citer celui de Loeb, *La Fécondation chimique* (trad. A. Drzewina), Paris, 1911. C'est aux travaux généraux que nous nous référons, lorsque nous citons Loeb sans autre indication.

ment ou par l'action de l'acide sulfurique sur les œufs du *Bombyx mori*. L'année suivante, Dewitz et Roux observaient un commencement de segmentation chez des œufs de grenouille traités par une solution de sublimé corrosif, tandis que O. et R. Hertwig signalaient la formation de la membrane vitelline par l'action du chloroforme sur les œufs d'Oursin. Le même résultat fut obtenu par l'emploi du benzol, du toluol, du xylol, de la créosote, de l'essence de girofle (Herbst 1893) et de la strychnine (R. Hertwig 1896). Le sérum antidiphtérique fournit à Koulagin, en 1898, des segmentations d'œufs de poissons et d'amphibiens. L'addition de NaCl ou de $MgCl_2$ ou de KCl à l'eau de mer se montre aussi de nature à provoquer, dans les expériences exécutées par Mead en 1898 et par Morgan en 1896 et 1898, des segmentations irrégulières chez les œufs d'Oursins, d'Ascidies, d'Annélides et de Némertiens.

Les résultats obtenus jusqu'en 1899, étaient donc loin d'être excellents. Mais de cette année datent les belles expériences de Loeb; elles devaient donner une impulsion nouvelle et une importance de jour en jour plus considérable à l'étude de la parthénogénèse.

En 1899, en effet, Loeb, qui depuis longtemps avait l'attention attirée par ces segmentations provoquées artificiellement, obtint de véritables larves, par le traitement artificiel d'œufs d'Échinodermes, évoluant jusqu'au stade *Pluteus*.

Sans nous attarder à la description de la méthode originale et des diverses modifications que Loeb lui a fait subir dans la suite, qu'il nous suffise d'exposer brièvement le protocole opératoire auquel il s'est définitivement arrêté.

On peut distinguer deux phases principales dans sa méthode : le traitement membranogène et le traitement hypertonique.

Les œufs sont immergés dans une solution composée

de 50 cc. d'eau de mer acidulée par 2,8 cc. d'une solution décinormale d'un acide gras monobasique (l'acide butyrique ou valérianique de préférence aux termes inférieurs de la série). Après un temps variant de 1m30 à 3 m., ils sont reportés pendant 15 à 20 minutes dans l'eau de mer normale et tous forment des membranes semblables aux membranes vitellines des œufs fécondés. On les place alors dans l'eau de mer rendue hypertonique par addition de 1/6 d'une solution 2,5 N de Na Cl. Il faut que l'eau de mer employée après le traitement acide et pendant le traitement hypertonique soit légèrement alcaline et contienne de l'oxygène libre. Ce traitement hypertonique dure de 15 à 60 minutes. Les œufs sont ensuite remis dans leur milieu naturel et y effectuent leur embryogénèse.

Ceci est le traitement complet tel que l'exige le *Strongylocentrotus* dont le développement est singulièrement difficile à obtenir. D'autres espèces sont moins exigeantes ; elles s'accommodent de nombreuses modifications et même de simplifications importantes. Chez plusieurs Invertébrés tels que l'Étoile de mer, certains Annélides *(Polynoë)*, chez des Mollusques *(Lottia, Acmea)*, le traitement membranogène peut suffire à mettre les segmentations en branle. L'acide peut encore être remplacé au moyen de substances cytolytiques (telles que la saponine) ou de solutions alcalines. Le sang des Invertébrés aussi bien que des Vertébrés, le sérum, le sperme et d'autres liquides organiques se montrent aussi capables de remplacer l'action de l'acide surtout lorsque les œufs ont été sensibilisés par $SrCl_2$. Parfois même, certains développements se produisent sans formation de membrane. Les deux traitements, membranogène et hypertonique, peuvent encore être intervertis, mais la solution hypertonique doit agir plus longtemps dans le cas où elle est employée la première. L'acide peut même dans l'un et l'autre cas

être remplacé par NaOH à condition d'employer dans tout le traitement de l'eau de mer aérée.

Le procédé que Delage emploie pour féconder les œufs d'Oursin, diffère sensiblement de celui de Loeb. En voici l'exposé succinct :

« A 50 cc. du mélange de la solution sucrée avec l'eau de mer (70 % de solution sucrée isotonique et 30 % d'eau de mer) on ajoute 28 gouttes d'une solution décinormale de tannin. On met dans ce liquide les œufs et on les y laisse pendant 5 à 6 minutes et on ajoute ensuite 30 gouttes d'une solution décinormale d'ammoniaque. De ces gouttes les 28 premières servent à saturer le tannin, deux à donner une légère alcalinité au liquide... Les œufs sont laissés dans ce liquide pendant une heure, puis, après lavages, reportés dans l'eau de mer normale où ils se développent. Au lieu de faire agir séparément le tannin et l'ammoniaque, on peut les réunir et se servir de tannate d'ammoniaque. (1) »

C'est avec ce procédé que Delage obtint les plus beaux résultats auxquels on soit encore arrivé en parthénogénèse expérimentale des Invertébrés. Tandis que les premières segmentations en blastomères se produisent sans aucune difficulté, les déchets sont de plus en plus nombreux à chaque passage de l'embryon à un stade nouveau : assez aisément encore les œufs parthénogénétiques d'Oursins donnent des *Pluteus*, et ceux des Astéries des *Bipinnaria* ou des *Brachiolaria*. Mais ces larves ne peuvent généralement pas accomplir les métamorphoses subséquentes. Delage obtint cependant huit oursins complets ; deux d'entre eux ont vécu seize mois, et un autre onze mois. Leur développement était suffisant pour que l'on pût déterminer le caractère mâle de leurs gonades. « Leur mort, dit M. Delage, ne doit pas être attribuée à un défaut de vitalité, car leur

(1) Delage, *Op. cit.*, p. 263.

croissance était normale, pendant toute leur vie ils se montraient très actifs dans les cuvettes et leur mort est le résultat des causes accidentelles qui font que l'on ne peut conserver indéfiniment au laboratoire les oursins, même venus de la grève » (p. 266).

Les expériences de Loeb et de Delage ont porté principalement sur les œufs d'Échinodermes : *Asterias*, *Arbacia*, *Strongylocentrotus*, *Echinus*. Eux-mêmes et d'autres auteurs ont aussi expérimenté leurs méthodes sur d'autres Invertébrés : *Polinoë*, *Choetopterus*, *Amphitrite*, *Nereis*, *Ophelia* (Annélides), *Thalassema* (Géphyrien), *Lottia*, *Acmaea* (Mollusques). Il serait fastidieux d'entrer dans le détail des résultats obtenus pour chaque espèce : ils se ramènent typiquement à ceux que fournissent les Échinodermes et sont justiciables des mêmes interprétations. Nous tâcherons d'exposer brièvement ces tentatives d'explication de la parthénogénèse des Invertébrés, réservant pour un chapitre suivant la parthénogénèse des Vertébrés, car, pour cet embranchement, hypothèses et expériences ont eu une évolution d'un caractère tout spécial.

III. *Théories explicatives*

Jusqu'en 1899, la signification des segmentations provoquées demeurait très discutée. Beaucoup de biologistes croyaient pouvoir rendre compte de tous les faits, soit en recourant à une tendance à la parthénogénèse naturelle dans les espèces considérées, soit surtout en expliquant les premières segmentations, d'ailleurs anormales, comme une prolification pathologique, un processus dégénératif. C'est ainsi que Morgan en 1899 attirait encore l'attention sur le fait que les segmentations n'aboutissaient jamais à la formation d'un embryon, et que le résultat le plus favorable était la

production d'une masse de petites cellules qui bientôt dégénéraient.

C'est incontestablement la gloire de Loeb d'avoir été l'un des premiers à comprendre l'importance que pouvait avoir la comparaison des phénomènes de la fécondation normale avec les expériences de fécondation artificielle, et d'avoir mis dans tout son jour la vraie nature, évolutive et non régressive, des segmentations provoquées par différents réactifs. Ce n'est pas cependant que le savant physiologiste eût trouvé, dès le premier jour, une théorie explicative de la fécondation artificielle qui le satisfît en tous points. Sa pensée, au contraire, toujours en travail, s'arrêta successivement aux hypothèses les plus diverses.

En 1900, Loeb admettait que la nature des sels employés dans la fécondation artificielle exerçait une influence prépondérante sur l'évolution de l'œuf. C'était le temps de la théorie des ions-protéïdes : les différents ions formant des combinaisons nouvelles avec les albuminoïdes du protoplasme étaient le facteur déterminant des segmentations.

L'année suivante, il attribuait surtout un rôle de catalyseurs aux divers ions. En 1902, il insistait sur les modifications que leur charge électrique apportait à l'état colloïdal des granules du protoplasme.

Ces divers éléments ne se retrouvent plus dans la théorie dite définitive dont Loeb donne l'exposé et la genèse dans son livre *La Fécondation chimique* (traduction revue, 1911) et à laquelle il a déjà fait subir maintes retouches. Essayons cependant d'arrêter les grandes lignes de cette pensée en évolution si incessante. Nous croyons les retrouver dans une métaphore à laquelle notre auteur revient souvent (1).

(1) Nous nous référons uniquement aux derniers travaux de Loeb et spécialement à : *Further experiments on natural death and prolongation of life in the egg.* JOURNAL OF EXP. ZOOL. Vol. 15, n° 2. Aug. 1913.

L'œuf est un anaérobie condamné à mort ; la fécondation a comme résultat de le transformer en aérobie et de diriger ses oxydations de manière que, loin de lui être nuisibles, elles lui confèrent une vitalité nouvelle. Celle-ci le rend capable d'effectuer une série de divisions cellulaires dont le terme est la formation de l'organisme adulte qui, par ses cellules sexuelles, peut recommencer le cycle évolutif d'une façon théoriquement illimitée.

La fécondation artificielle a les mêmes effets ; elle présente en outre l'avantage de permettre d'isoler et d'analyser les différentes phases du phénomène et d'en établir la vraie nature.

Les œufs vierges sont des anaérobies condamnés à mort. L'expérience montre en effet que les œufs non fécondés des Échinodermes meurent en quelques jours et que c'est l'oxygène qui les tue, car, d'une part, la mort d'œufs d'espèces différentes est d'autant plus rapide que leurs oxydations sont plus intenses et, d'autre part, la suppression des oxydations par enlèvement de l'oxygène de l'eau de mer ou addition de KCN retarde considérablement la cytolyse des œufs vierges.

Ils sont rendus aérobies par la fécondation normale ou par la formation de la membrane dans la fécondation artificielle. La mesure du taux des oxydations montre en effet que celles-ci deviennent six ou sept fois plus considérables après la formation de la membrane vitelline, dans la fécondation normale aussi bien que dans la fécondation artificielle. Ce changement est dû à la production de la membrane, ou tout au moins aux modifications de la couche superficielle du protoplasme qui rendent celle-ci beaucoup plus perméable aux sels et surtout aux ions hydroxyles et à l'oxygène. Le mécanisme de la formation et de la perméabilisation de la membrane de fécondation réside dans une cytolyse commençante qui gonflerait et dissoudrait les lipoïdes

et les granules albuminoïdes en suspension à la couche périphérique de l'œuf. En absorbant de l'eau pour se liquéfier, ceux-ci soulèveraient la fine membranule appliquée à la surface de l'œuf, sous la gangue gélatineuse, et seraient cause ainsi de la formation — ou à proprement parler de l'élévation — de la membrane vitelline.

Loeb et ses élèves ont tenté de faire rentrer dans ce cadre de la cytolyse l'action de tous les agents activateurs employés, et, par un processus inverse, de montrer que tous les corps cytolisants peuvent être employés dans la fécondation artificielle.

Facteur correctif « saving-life ». Les œufs activés artificiellement périssent beaucoup plus vite que les œufs vierges ; leur mort proviendrait de ce fait que les oxydations, devenues beaucoup plus actives depuis la formation de la membrane, ne sont pas encore orientées ; leur trop grande intensité désorganise rapidement l'œuf si on ne fait pas intervenir à temps un traitement correctif ; c'est le rôle de la solution hypertonique. Cependant Loeb ne considère plus aujourd'hui la pression osmotique comme la cause unique du redressement de l'évolution de l'œuf. Le traitement hypertonique, en effet, ainsi que nous l'avons vu plus haut, exerce sur l'œuf une influence irréversible. Il peut aussi bien être employé avant qu'après le traitement membranogène. A lui seul il suffit souvent à provoquer le développement des œufs d'*Arbacia*, tandis qu'il est incapable de provoquer celui du *Strongylocentrotus*. Mais les œufs d'*Arbacia* peuvent être considérés comme auto-activés, car la membrane se forme souvent naturellement, ou sous la seule influence de la solution hypertonique, et le taux de leurs oxydations est beaucoup plus élevé que celui des œufs d'oursin. La solution hypertonique, par elle-même, ne prolonge pas la vie des œufs, mais, si elle agit sur des œufs activés artificielle-

ment ou auto-activés, elle les conserve et est cause de leurs segmentations régulières. Elle peut donc être considérée comme élément essentiel du traitement correctif de Loeb, mais non élément unique : elle agit en collaboration. Si parfois elle paraît se comporter comme facteur membranogène, cet effet doit sans doute être attribué soit à l'action des ions OH, soit à la préactivation naturelle.

Le mode d'action de la solution hypertonique est assez obscur. Elle agit évidemment par soustraction d'eau. Mais du fait que dans son procédé la solution hypertonique doit toujours contenir de l'oxygène libre, Loeb conclut qu'elle provoquerait des oxydations qui, survenant après une certaine déshydratation de l'œuf et avec la coopération des ions OH, seraient l'opposé des oxydations dues à l'activation. Ces nouvelles oxydations font naître dans l'œuf des substances qui concourent à l'orienter dans la voie des segmentations normales. Celles-ci ne seraient que la résultante des dédoublements dont l'œuf est le siège et des synthèses des matières nucléaires sous l'influence d'enzymes dont nous ignorons la nature. Les oxydations plus intenses qui suivent la fécondation auraient pour but d'éliminer les matières toxiques produites par les dédoublements. Les segmentations une fois commencées se continueraient par caryocatalyse.

Le spermatozoïde (Loeb, p. 314, 221 et passim) détermine le développement au moyen de deux agents dont l'un est une lysine qui provoque la cytolyse de la couche superficielle et la formation de la membrane et l'autre agit comme un traitement peu prolongé à l'eau de mer hypertonique en inhibant l'action nocive, c'est-à-dire, la tendance à la cytolyse provoquée par la lysine.

Cet exposé des idées de Loeb est bien long pour le cadre de notre article et trop court pour avoir chance

de ne pas trop déformer, en la schématisant, une pensée toujours en quête d'hypothèses nouvelles.

Ce que nous avons dit suffit cependant pour montrer le point de vue purement chimique, si bien caractérisé par Delage (p. 316). « ...pour Loeb, les phénomènes mécaniques et morphologiques de la division de l'œuf n'ont qu'un intérêt secondaire et ne méritent pas d'explication spéciale. Pour lui, il faut et il suffit que l'on rende compte de l'existence dans l'œuf, à chacune des phases de son évolution, de la présence à son intérieur des substances chimiques dont il a besoin à ce moment. Si ces substances sont présentes, leur distribution et les modifications morphologiques qui en sont les conséquences se produiront d'elles-mêmes. »

Delage n'est pas d'avis que la solution d'un problème biologique puisse être si simpliste. Nous n'entreprendrons pas de le suivre dans la critique détaillée qu'il fait de la théorie du savant américain : il conteste des faits — et il discute leur interprétation. Nous nous contentons de citer sa conclusion (p. 318). « Cette théorie... est... hautement hypothétique, non seulement dans son principe même du pouvoir morphogène de la constitution chimique, mais aussi dans les réactions chimiques attribuées aux agents employés, hypothétique, enfin, dans le prétendu rôle catalyseur d'une substance déjà présente dans le cytoplasme pour aider à la formation de nouvelles quantités de cette substance, en contradiction avec les principes les mieux établis de la physiologie générale. »

La théorie que Delage oppose à celle de Loeb pour rendre compte de la fécondation artificielle est très claire, très simple, et on peut rendre à son auteur la justice qu'il n'a pas à se reprocher les nombreuses contradictions et volte-face que lui-même prend plaisir à relever chez son émule.

Pour Delage, les phénomènes de la division cellulaire peuvent être ramenés à des coagulations et à des liquéfactions de colloïdes du protoplasma. « Ainsi, la disparition de la membrane nucléaire, la disparition d'anastomoses dans le réseau nucléaire qui transforme ce réseau en un filament unique, les divisions des chromosomes, leur égrènement en microsomes, la disparition du fuseau et des asters se présentent comme des liquéfactions de substances. Au contraire, l'apparition du centrosome, la formation des asters et du fuseau, la réunion des microsomes en chromosomes sont autant de coagulations » (p. 257-258). Ces éléments apparaissent ou disparaissent selon qu'ils se trouvent à l'état de *gel* ou à l'état de *sol*. « Lorsqu'on considère l'œuf qui se développe, le premier acte qui précède sa segmentation, la formation de la membrane vitelline, est une coagulation ; le second acte au contraire, une liquéfaction : la disparition de la membrane nucléaire » (p. 258).

Le rôle des agents parthénogénétisants serait seulement de « provoquer la première coagulation et la première solution, suffisant à déclancher la série des coagulations et des solutions ultérieures nécessaires dans l'ordre voulu » ; « l'œuf aurait en lui les forces intrinsèques suffisantes pour achever dans la première division, la seule dont on ait à rendre compte, les phénomènes autres que les deux directement déterminés par l'action des réactifs » (p. 319-320).

Cette manière de voir de Delage n'est pas sans présenter de grandes analogies avec celle de R. S. Lillie (1). Mais cet auteur pousse son analyse

(1) Ralph. S. Lillie. *Physiology of Cell Division*. IV. *The Actions of salt solution followed by hypertonic sea water on unfertilized eggs of Sea urchin and the role of membrane in mitoses* (Journ. of Morphol. vol. 22, p. 690, etc. 1911. — V. *Substitution of Anesthetics for hypertonic sea water and Cynanide in artificial Parthenogenesis*. Journ. of exp. Zool. Vol. 15, p. 23-49. July 1913.

plus loin et tâche de rendre compte du mécanisme intime des phénomènes morphologiques eux-mêmes. Il compare et assimile en partie, les phénomènes de la fécondation à ceux de la stimulation musculaire.

Dans les deux cas, une cellule donne une réponse qualitativement constante et spécifique à un changement de conditions extérieures qui n'a pas besoin d'être spécifique... C'est le propre de l'œuf, qu'une fois ses divisions déclanchées, celles-ci continuent automatiquement selon un rythme régulier et prédéterminé, et sont associées à des processus de croissance et de différenciation progressive qui constituent le développement. Mais cette évolution embryonnaire, quelque complexe qu'elle soit, n'est que le mode constant et distinctif de réaction de la cellule œuf, tout comme la contraction est la réaction de la cellule musculaire.

Le mécanisme intime de la fécondation aurait d'ailleurs aussi des analogies avec la contraction musculaire. Les travaux de Nernst font admettre en effet que ce dernier phénomène est déterminé par un changement temporaire dans la polarisation électrique de la membrane limitante de l'élément irritable. Cette membrane subit un accroissement de perméabilité rapidement et automatiquement réversible.

Dans la fécondation artificielle, les deux traitements, membranogène et hypertonique, correspondraient aux deux phases de dépolarisation et de repolarisation des tissus irritables en général. Le traitement membranogène augmenterait la perméabilité de la membrane en la dépolarisant et pourrait être considéré comme l'élément critique, ou déterminant, de la fécondation, aussi bien que de la stimulation musculaire. Le retour de la membrane plasmatique à son état normal de semi-perméabilité, ou de polarisation électrique, est nécessaire pour éviter la cytolyse; mais, à l'inverse de

ce qui se passe dans la myofibrille, ce retour n'est généralement pas automatique; d'où la nécessité d'un traitement correcteur dont l'effet général, anticytolytique, est dû à la diminution de la perméabilité des membranes.

Pour R. S. Lillie, la division par mitose est un phénomène essentiellement électrique. Il suffit de supposer que la variation de la semi-perméabilité, et, par conséquent, de la polarisation de la membrane plasmatique, est minimale dans la zone équatoriale et maximale aux deux pôles. Dans ce cas, les divers traitements auxquels seront soumis les œufs, développeront, aux pôles de la cellule, deux centres d'attraction ; les électrolytes de l'œuf, soumis à ces forces antagonistes, tendront à les compenser et à établir un nouvel équilibre. Les phénomènes morphologiques tels que la formation du fuseau, la scission longitudinale des chromosomes et leur ascension aux pôles seraient dus à ces attractions électriques.

La première caryocinèse déclanchée par les agents parthénogénétisants, l'œuf continue à parcourir le cycle qu'il est destiné à accomplir.

Nous ne voulons pas faire à chacun des auteurs, le procès détaillé des hypothèses qu'il avance et des faits sur lesquels il les étaye.

Nous nous contenterons de faire remarquer d'une façon générale, que les explications de Loeb, Delage et Lillie n'ont somme toute pour but que de rendre compte de la division cellulaire en général. Quoi qu'en dise Loeb, il suppose, comme les deux autres auteurs, que l'œuf a en lui-même les potentialités évolutives préformées qui se développeront nécessairement, si on peut l'inciter à entrer dans le cycle prédéterminé. Aucun de ces auteurs ne tente de rendre compte de ces potentialités, aucun ne cherche à diriger, modifier ou influencer en quelque façon leur actuation.

Quant aux hypothèses que chacun met au jour pour rendre compte du déclanchement premier des divisions cellulaires, il faut avouer qu'elles peuvent difficilement être généralisées au delà du cas particulier qu'elles veulent expliquer.

Les oxydations, par exemple, sont inutiles et même nuisibles dans la parthénogénèse des Amphibiens. Delage conteste même la nécessité de la présence d'oxygène libre dans les solutions par lui employées. Pour une même espèce animale, l'hypertonie est nécessaire dans un procédé et inutile dans un autre. Les polarisations et dépolarisations des membranes cellulaires restent très hypothétiques dans beaucoup de cas, et leur rôle dans la division est extrêmement discutable et discuté.

Quant à la théorie des coagulations et des liquéfactions, Delage lui-même n'ose plus la présenter avec l'assurance d'antan. La portée des différents exemples cités par l'auteur comme étant des phénomènes de liquéfaction ou de coagulation, est en effet très sujette à caution. Les modifications colloïdales jouent évidemment un rôle important dans toute cinèse, mais combien ce rôle est malaisé à préciser dans les détails ! Le fait que certains organites passent de l'état de *sol* à l'état de *gel*, ou vice versa, n'explique pas encore leur distribution et leur répartition nouvelle, symétrique, ordonnée, ni non plus l'ensemble des processus nécessaires pour arriver au résultat réalisé dans la division cellulaire.

IV. *La Parthénogénèse expérimentale des Amphibiens*

Loeb, et ceux qui, à sa suite, étudièrent la parthénogénèse expérimentale des Invertébrés, eurent l'avantage d'être en possession dès le début de résultats

positifs. Il leur suffit de modifier à tâtons les conditions de la fécondation artificielle et d'interpréter au fur et à mesure les données de l'expérience. On peut dire que leur méthode fut analytique.

Les Vertébrés offraient un matériel d'étude beaucoup plus réfractaire. Les divers procédés en usage pour provoquer la parthénogénèse artificielle des Invertébrés se sont montrées inefficaces. Bataillon (1) est cependant arrivé à des résultats absolument brillants de fécondation artificielle chez les Amphibiens ; on doit lui concéder qu'il y est arrivé progressivement, par la comparaison des données fournies par la parthénogénèse des Invertébrés autant que par les fécondations hétérogènes : sa méthode d'investigation fut synthétique. Il ne sera pas sans avantage de retracer en quelques traits quels furent les principaux avancements des travaux d'approche de cette position difficile à enlever.

Pendant longtemps, M. E. Bataillon crut pouvoir réduire la fécondation à un facteur unique, la déshydratation. Il considérait les œufs mûrs comme inhibés dans leur développement extérieur par une accumulation de déchets, de CO_2 surtout. Dans la fécondation normale, la tête du spermatozoïde, pour se transformer en pronucleus mâle, gonfle et s'entoure d'une zone hyaline assez considérable ; l'eau, qui se trouve en plus grande abondance dans cette vacuole nucléaire, ne peut provenir que du cytoplasme environnant ; la formation du pronucleus mâle est donc accompagnée d'une certaine déshydratation de l'œuf. Cette eau soutirée au cyto-

(1) On trouvera la bibliographie complète et un aperçu général sur les travaux de Bataillon traitant de la parthénogénèse dans les ANNALES DES SCIENCES NATURELLES (Zoologie), 1912, p. 305, dans l'important mémoire de l'auteur : *La Parthénogénèse des Amphibiens*. Depuis lors il a encore publié dans les C. R. DE L'AC. DES SC. du 10 mars 1913, p. 812, une note confirmant des conclusions antérieures : *La démonstration définitive de l'inoculation superposée à la piqûre en parthénogénèse traumatique.*

plasme pouvait être considérée comme chargée des principes nocifs inhibiteurs; aussi, dès 1901, Bataillon invoquait l'idée d'une déshydratation du plasma ovulaire par le spermatozoïde.

Mais si la soustraction d'eau au cytoplasme était le seul facteur essentiel de la fécondation, tous les agents capables de produire une déshydratation suffisamment ménagée devaient être capables d'embrayer le cycle du développement ontogénétique.

Bataillon avait interprété dans ce sens les résultats obtenus par divers expérimentateurs et il essaya lui-même sur les œufs de poissons et de grenouilles le sérum antidiphtérique, et des solutions diverses hypertoniques, puis la brusque succession de température élevée et de froid intense. Mais les résultats furent médiocres. Les œufs s'orientaient, et même ils se segmentaient souvent; mais les segmentations étaient anormales et il ne semblait pas que l'on dût, par cette voie, réaliser chez les Amphibiens les succès obtenus chez les Échinodermes et les Annélides. Cependant, l'interprétation des données fournies par la fécondation hétérogène lui parut devoir confirmer sa manière de voir. Comme la fécondation s'y produit sans amphimixie et que la chromatine paternelle est souvent expulsée, Bataillon ne voulait, dans ce cas, attribuer au spermatozoïde qu'un rôle purement physique. « La réaction propre de l'œuf qui expulse certains fluides paraît être la condition initiatrice de tout développement complet ou abortif. » Cette déshydratation aurait eu pour but l'inhibition du spermatozoïde étranger, tout en étant, en même temps, le *primum movens* des cinèses de segmentation (1).

L'inhibition du spermatozoïde ne parut même bientôt plus à Bataillon être un élément nécessaire. Ayant

(1) C. R. DE L'ACAD. DES SCIENCES, 7 juin 1909, p. 1553.

observé, dans l'imprégnation des œufs de *Bufo calamita* par le sperme de *Triton alpestris*, l'inertie des têtes spermatiques engagées dans une sorte de tunnel dans l'épaisseur du cytoplasme, il interpréta le développement comme une véritable parthénogénèse exempte de toute conjugaison plasmatique ou nucléaire. L'élément mâle n'avait donc plus alors qu'une action mécanique déterminant un traumatisme local et la contraction de l'œuf qui modifie l'équilibre osmotique intérieur. Par là se trouvait confirmée sa théorie première que toute émission des fluides intérieurs de l'œuf devait jouer le même rôle d'activateur parthénogénétique. De là naquit l'idée qu'une simple piqûre pourrait isoler de l'amphimixie, la condition initiatrice du développement.

Les expériences entreprises en 1910 semblèrent d'abord apporter une confirmation éclatante à cette conception : le protocole opératoire de la nouvelle méthode était en effet d'une simplicité remarquable. « Les œufs de grenouille, recueillis dans l'uterus, sont étalés à sec et tous sont piqués rapidement au moyen d'un court stylet de verre, de manganèse ou de platine... les œufs recouverts d'eau effectuent leur rotation comme les œufs fécondés... Au bout de quatre heures la segmentation débute sur les œufs traités aussi vite que sur les fécondés. » Le déchet était évidemment considérable ; cependant une douzaine de larves libres se développèrent. Bataillon se crut donc autorisé à conclure : « Une action mécanique suivie d'une réaction appropriée de l'œuf qui élimine un fluide et modifie son état d'équilibre, voilà à quoi se ramène la substance active commune à tous les spermes invoquée par Kupelwieser à propos de l'imprégnation sans amphimixie. L'amphimixie seule est spécifique (au sens large du mot), mais représente quelque chose de surajouté. La réaction de l'œuf, au contraire, est une

condition générale de développement qui peut être isolée même par un procédémécanique... Je me crois autorisé à dire que l'œuf d'Amphibien actionné indifféremment par un stylet de verre, de platine ou de manganèse, ne reçoit directement du milieu ni un catalyseur, ni un matériel chimique ni une polarité quelconque » (1).

Il avait paru invraisemblable à Kupelwieser (2) que le rôle du spermatozoïde fût épuisé par une simple action mécanique. Cet auteur avait conclu, de l'imprégnation très hétérogène, que partout dans le règne animal la même matière activante doit être fournie par le spermatozoïde. L'examen plus attentif des conditions d'expérimentation amena Bataillon à abandonner son point de vue exclusif et à élargir même l'explication qu'il rejetait d'abord si délibérément.

Le procédé de fécondation par piqûre montrait en effet des irrégularités tout à fait inexplicables. Le pourcentage des larves était toujours très minime. Le résultat était même tout à fait négatif, si l'activation, au lieu d'être provoquée par la piqûre d'un stylet, était causée par un thermocautère, des étincelles électriques ou des chocs d'induction. « Les œufs ainsi actionnés réagissent, le pronucleus femelle revient au centre pour présider à une série de divisions tardives et irrégulières. Le matériel est inféconda ble, mais on a beau varier la durée et l'intensité du traitement, on n'obtient qu'un clivage plus ou moins prononcé, jamais la gastrulation » (3).

Le procédé de piqûre était lui-même tout à fait incapable de provoquer le moindre développement chez les œufs de crapaud, que leur disposition en cordon préserve de toute contamination accidentelle. Mais

(1) Bataillon, C. R., 18 avril 1910, p. 998.
(2) Kupelwieser, *op. cit.* 1907.
(3) Bataillon, C. R. de l'Acad. des Sc., 27 mars 1911, p. 920.

si ces œufs étaient souillés de sang avant la piqûre, le pourcentage des segmentations devenait tout à coup considérable.

C'est ce qui fit admettre à Bataillon l'intervention d'un élément organique redressant le processus évolutif déclanché par les excitants banaux. Cet élément n'a rien de spécifique ; il peut être fourni indifféremment par le sang ou la lymphe d'une espèce étrangère. La fécondation artificielle n'a pas réussi jusqu'ici avec des liquides organiques empruntés aux Invertébrés, mais le sang des Poissons et des Urodèles, le sang et la pulpe de rate des Mammifères se montrent également actifs.

Par des essais comparatifs faits avec les différents constituants de ces liquides organiques complexes, Bataillon est arrivé à la conclusion que cet élément étranger doit être une cellule nucléée.

D'après Bataillon, la parthénogénèse expérimentale des Amphibiens est donc dissociable en deux temps : l'activation et la caryocatalyse (accélération engendrée par une substance nucléaire étrangère).

On peut isoler le premier temps par des chocs d'induction, par des étincelles électriques aussi bien que par l'action d'agents chimiques tels que chloroforme, benzol, toluol, éther. Ces excitations chimiques ou physiques variées perméabilisent l'œuf et provoquent une réaction épuratrice qui oppose une barrière aux éléments fécondateurs normaux et réalise un nouvel équilibre ; leur effet est le même que celui des solutions hypertoniques employées dans d'autres méthodes. Les œufs ainsi activés sont devenus infécondables normalement et aptes seulement à une évolution abortive.

La rectification du processus d'activation simple n'a pu être obtenue que par l'inoculation, simultanée ou consécutive, d'un matériel organisé qui paraît être exclusivement une masse nucléaire. Ce contingent accélérateur et régulateur étranger est banal et non spécifique. Il semble bien agir par catalyse, puisque

l'orientation du hyaloplasme se fait sur le matériel introduit et que le *gel* s'étend de façon à *précipiter*, au niveau du pronucleus femelle, l'apparition d'un puissant système dicentrique qui permettra le clivage normal dans les délais normaux (1).

M. Herlant, qui s'est livré à une étude minutieuse des phénomènes cytologiques de la parthénogénèse expérimentale chez les Amphibiens, estime, et non sans raison à notre avis, que l'on doit modifier en plusieurs points cette manière de voir. Le noyau de l'œuf simplement activé se divise ; pourquoi l'œuf lui-même ne se segmente-t-il pas ? Comment l'introduction d'un élément étranger provoque-t-elle cette segmentation ? Voilà les deux points que M. Herlant semble avoir élucidés.

L'activation traumatique est suffisante pour provoquer les divisions du pronucleus femelle. Mais la segmentation de l'œuf ne répond pas à la première caryocynèse ; les noyaux non enfermés dans des blastomères se groupent sans régularité aucune, de telle façon que dès la troisième ou la quatrième mitose, aucune segmentation, si elle se produit, ne peut plus avoir d'effet utile, car son plan irait buter contre la condensation protoplasmique produite par les autres énergides.

La cause de l'impuissance de la première mitose à déterminer le protoplasme à former les blastomères réels, semble être due au fait que le pronucleus femelle, n'étant pas complété par le pronucleus mâle, donne une division dont l'axe fusorial est trop court.

L'introduction d'un élément nucléé étranger remédie indirectement à cette insuffisance. Cet élément provoque dans le cytoplasme un nombre plus ou moins considérable de synergides accessoires. Ces énergides,

(1) Nous ne faisons que résumer ici les conclusions du mémoire de Bataillon (12) en nous servant de sa terminologie.

soustraient une partie du protoplasme à l'influence de l'énergide femelle et refoulent le pronucleus vers la périphérie ; dans une telle position il est évident que « lorsqu'une mitose s'édifiera, elle sera dans des conditions incomparablement meilleures que dans l'œuf activé simplement, pour trouver, dans la membrane de l'œuf toute proche, le point d'appui nécessaire à la formation d'un plan de segmentation (1). »

CONCLUSIONS

A tout propos, Loeb cite la fécondation artificielle comme une preuve absolument démonstrative de la réductibilité des phénomènes vitaux aux processus physico-chimiques. Ce n'est pas le moment de discuter ici le problème de la vie ; il ressortit d'ailleurs à une juridiction plus haute que la science empirique. Mais sans toucher à la question de fond, nous ne pouvons nous priver de faire remarquer qu'il y a vice de forme à vouloir tirer de la parthénogénèse artificielle un argument pour ou contre une conception quelconque de la vie, que ce soit le vitalisme ou le matérialisme. On n'a pas en effet à considérer ici des agents physico-chimiques qui produiraient, à eux seuls, un phénomène éminemment vital — les segmentations embryonnaires — ; on est en présence d'un élément vivant — l'œuf vierge — qui, soumis à diverses influences, effectue lui-même ses propres segmentations.

Tous les vitalistes seront d'accord aujourd'hui pour admettre que la vie suppose bien, à la vérité, une finalité immanente, non réductible aux forces physico-chimiques ; mais aucune des forces qu'elle met en jeu n'échappe cependant aux lois de la physique ; chacun

(1) Herlant, *op. cit.*, p. 556.

des phénomènes qu'elle manifeste est conditionné par les actions et réactions des différents corps qui entrent dans la constitution de la matière vivante aussi bien que par les modifications d'état qu'ils subissent sous l'influence des agents tant internes qu'externes.

Vitalistes aussi bien que matérialistes peuvent donc, en restant logiques avec leur système, se demander si la mise en branle de la segmentation de l'œuf correspond à un état physico-chimique constant, repérable et comparable pour toutes les espèces et si un seul facteur commun, contenu dans les diverses méthodes employées, peut mettre l'œuf dans cet état initial. C'est ce que supposent Loeb, Delage, Lillie, et tous ceux qui se sont essayés à l'élaboration d'une théorie générale de la parthénogénèse ; la cytolyse et les oxydations qui s'ensuivent, les coagulations et les liquéfactions, la polarisation et la dépolarisation de la membrane plasmatique ont été tour à tour invoquées pour déterminer le stade critique du développement embryonnaire.

Il n'est pas impossible qu'on arrive par cette voie à l'unité de vues, mais il faut avouer que, jusqu'à présent, on est loin d'avoir trouvé une théorie qui s'applique à l'universalité des espèces étudiées et à toutes les méthodes employées.

Il est une autre façon d'envisager le problème.

L'œuf est une cellule hautement spécialisée ; elle parcourt un cycle ; dans ce cycle il y a un stade d'arrêt que, normalement, elle ne peut dépasser par elle-même. Cet arrêt se trouve toujours aux environs des cinèses de maturation, mais sa place n'est pas rigoureusement la même dans toutes les espèces. Faut-il nécessairement considérer que les virtualités de l'œuf arrivent à ce stade d'arrêt et ont besoin d'être rajeunies par un apport extérieur ? La parthénogénèse naturelle semble répondre que non. En dehors de ces cas cepen-

dant, l'œuf ne continue pas son développement; mais ce qui l'en empêche, ce n'est pas nécessairement une impuissance essentielle. Le fait que les agents les plus divers, agissant sur des cellules qui ne sont pas rigoureusement au même stade, produisent cependant le même effet, ne semble-t-il pas indiquer que le seul élément spécifique de la parthénogénèse artificielle est la réponse de l'œuf à des excitations banales ?

Quoi qu'il en soit, à l'heure présente, on ne peut préciser le mode d'action des divers agents artificiels employés. Difficilement donc les processus artificiels renseigneraient-ils sur le mécanisme intime de la fécondation naturelle.

Du fait que la fécondation naturelle est un phénomène à deux temps, il ne suit nullement qu'il en est de même de la fécondation normale et que l'on doive distinguer dans le spermatozoïde un facteur activateur et un facteur directif. M. Herlant a donné une explication plausible de l'impuissance des œufs de grenouille activés à mener à bien leurs segmentations. Il s'agirait, dans le cas des Amphibiens, d'une insuffisance purement mécanique, à laquelle remédierait l'inoculation d'un élément nucléé. Cette insuffisance n'existant pas lors de la fécondation normale, on ne voit pas la nécessité d'admettre, chez le spermatozoïde, un agent correcteur en plus du facteur activant. Nous nous garderons bien de généraliser imprudemment cette manière de voir ; mais il nous semble que M. Herlant a raison quand il réclame une étude cytologique minutieuse avant d'avancer une hypothèse quelconque sur le mécanisme intime des segmentations parthénogénétiques. L'étude en gros du phénomène extérieur est impuissante à résoudre le problème.

Si les théories suggérées par la parthénogénèse artificielle ne résolvent pas les difficultés que présente l'explication de la fécondation normale, les résultats

expérimentaux sont certainement remarquables. Ils permettent de distinguer avec certitude, dans l'action du spermatozoïde, la fonction stimulatrice et la transmission des caractères paternels. La première de ces fonctions est banale et peut être suppléée par les agents les plus divers; la seconde au contraire reste l'apanage exclusif de l'amphimixie.

Mais si distinctes qu'elles soient les unes des autres, les diverses fonctions vitales sont toujours en étroite corrélation ; chaque modification de l'une d'entre elles a ses répercussions sur la physiologie de tout l'organisme. Aussi ce n'est pas impunément que l'on peut priver les œufs de l'apport normal de la chromatine paternelle.

Les produits ainsi obtenus sont presque constamment difformes et ils meurent en grand nombre dès les premiers stades du développement ; chaque métamorphose est un crible qui élimine toujours une forte proportion d'embryons parthénogénétiques. Les larves qui survivent sont bossues, ventrues, asymétriques. Elles périssent presque toutes hydropiques ou paralytiques.

Les quelques formes adultes que l'on ait obtenues jusqu'ici sont mortes bientôt. Elles ne semblaient avoir d'autre tare qu'un nanisme assez accentué. Leur mort est-elle due seulement aux circonstances extérieures, comme le veulent Delage et Fritz Levy ? L'avenir apprendra si l'amphimixie peut être parfaitement remplacée, non seulement pour provoquer un développement plus ou moins avancé, mais même pour produire des individus adultes normaux. Les résultats obtenus jusqu'ici semblent faire présager ce résultat ; ce serait cependant anticiper sur un domaine réservé à l'expérience que d'oser le promettre avec certitude.

Ces formes adultes seront-elles capables de se repro-

duire ? Personne ne pourrait, certes, ajourd'hui, oser donner à cette question une réponse quelconque. La parthénogénèse naturelle semble montrer qu'il n'y aurait à cette reproduction aucun obstacle essentiel.

L'étude des formes pathénogénétiques réserve donc encore, aux travailleurs de l'avenir, nombre de problèmes à résoudre.

R. Devisé, S. J.

UN NOUVEAU PAS

VERS L'AUTONOMIE DES CHEMINS DE FER

La publication de l'avant-projet de loi rédigé par la Commission de l'autonomie des chemins de fer (1) donne un regain d'actualité à cette question déjà traitée à plusieurs reprises par la Revue. L'examen approfondi auquel elle a été soumise, les déclarations si formelles de M. Levie, Ministre des finances, sur l'opportunité de préparer « la destitution des pouvoirs politiques en matière industrielle », les publications de quelques économistes comme MM. Van der Smissen, De Leener, Anciaux, ont bien préparé le terrain pour une réforme que tous les esprits avertis réclament depuis longtemps.

(1) La Commission était composée comme suit :

Président : M. A. Verhaegen, membre de la Chambre des représentants.

Secrétaires : Cte Louis de Lichtervelde ; M. A. Hotton, Inspecteur de direction au Ministère des chemins de fer.

Membres : MM. de Burlet, C., Directeur général honoraire de la Société nationale des chemins de fer vicinaux ; Jadot, J., Gouverneur de la Société générale de Belgique ; Corty, C., Président de la Chambre de commerce d'Anvers ; Greiner, A., Directeur général de la Société Cockerill, à Seraing ; Demarteau, L., conseiller à la Cour des comptes ; Van der Smissen, É., professeur à l'Université de Liége ; Tondelier, V., administrateur-président du Comité de direction des chemins de fer de l'État ; Degraux, administrateur des chemins de fer de l'État ; Minet, J.-J., Inspecteur général à l'administration des chemins de fer de l'État ; Van Cutsem, G., Administrateur-directeur général de la Trésorerie et de la Dette publique ; Rombouts, E., Directeur général à l'administration de la Trésorerie et de la Dette publique ; Lammens, G., Inspecteur général à l'administration de la Trésorerie et de la Dette publique.

La Commission a étudié deux problèmes connexes, mais entre lesquels il n'y a pas de lien logique indissoluble : elle a cherché quelles étaient les réformes à apporter au système de comptabilité actuellement employé par l'administration des chemins de fer, de façon à donner aux finances de la régie une organisation présentant les qualités indispensables de stabilité, de clarté et de souplesse. Les solutions qu'elle a préconisées pourraient être appliquées immédiatement ; mais elle a été plus loin : ses membres ont acquis la conviction que la réforme des méthodes budgétaires, pour profonde qu'elle pût être, ne suffirait pas à parer aux difficultés inhérentes à l'exploitation d'un service industriel par l'État. Une refonte de l'administration elle-même est nécessaire pour dégager la régie des entraves de toutes sortes qui paralysent son essor et qui la font dépendre trop étroitement des corps politiques. Il est clair qu'il n'y aura à proprement parler d'autonomie des chemins de fer que le jour où un véritable Conseil d'administration pourra diriger les services sous sa responsabilité et lorsqu'il sera manifeste qu'aucune préoccupation électorale ou aucune intervention parlementaire n'est assez puissante pour maintenir un train inutile ou faire arrêter un express dans une gare secondaire.

La faiblesse des régies, à l'heure actuelle, qu'il s'agisse d'exploitations d'État ou de simples entreprises communales, réside dans ce fait devenu banal à constater : les questions qui intéressent le service ne peuvent être jugées exclusivement sous l'empire de considérations techniques ; mille préoccupations étrangères viennent s'y mêler. Dès lors le coût de l'exploitation grandit, le nombre des employés augmente et leur travail utile diminue.

Une sage politique des transports devant permettre l'établissement de tarifs aussi réduits que possible, tant

pour les voyageurs que pour les marchandises, il est certain que toutes les mesures tendant à instaurer une exploitation vraiment industrielle du réseau sont vivement à encourager (1). Mais les grandes réformes ne se font pas en un jour. Même si on limitait l'œuvre d'aujourd'hui à une réorganisation financière, un progrès sérieux serait à coup sûr accompli. Ce serait un honneur pour le Parlement qui le rendrait possible et pour le Ministère qui le réaliserait.

L'avant-projet, dont les journaux ont publié le résumé, comprend deux parties. La première traite de l'autonomie administrative, la seconde de l'autonomie financière. L'autonomie administrative comporte essentiellement la création d'un Conseil d'administration, nommé par le Roi, à qui appartiendrait en lieu et place du Ministre la direction des services de la régie. L'intervention parlementaire se bornerait strictement au vote annuel du budget et des comptes, et à la nomination d'un collège de commissaires, analogue à celui qui contrôle la gestion des sociétés anonymes. Le Ministre, qui pourrait être le titulaire du portefeuille des Travaux Publics, serait chargé d'une mission de surveillance et servirait principalement d'intermédiaire entre le Conseil d'administration et le Parlement.

Le cadre de cet article ne nous permet pas d'entrer dans les détails de l'organisation projetée; contentons-nous de dire qu'il ne faut pas s'effrayer outre mesure de ces propositions qui apparaissent à certains comme très hardies. Certes le projet heurte bien des usages reçus; il consacre une notion nouvelle de la responsabilité ministérielle, celle de la responsabilité de contrôle, substituée à la responsabilité de gestion ; mais n'en possède-t-on pas un exemple, quand on envisage le rôle du

(1) Voir l'ouvrage de M. De Leener : *La politique des transports en Belgique*, Misch et Thron, 1913.

ministre à l'égard des sociétés concessionnaires ? D'ailleurs à combien peu se réduit en fait cette fameuse responsabilité ministérielle, quand il s'agit de services techniques qu'un homme spécialisé de bonne heure peut seul aspirer à diriger effectivement ? Pourquoi s'effrayer, ensuite, de voir circonscrire dans des limites rigoureuses l'intervention des Chambres ? Le Parlement, pour rester dans sa compétence ne doit donner que des directives ; quand il veut intervenir dans le détail d'une exploitation, il n'y apporte que le trouble et le désordre ; l'avant-projet, en lui laissant entre les mains l'arme du rejet du budget lui garantit, de toutes façons, l'autorité suprême que personne ne songe à lui contester.

Le rapport sur le budget des voies et moyens pour 1914 (1) témoigne des scrupules que beaucoup éprouvent à entrer dans une voie aussi peu explorée. Cela se conçoit ; les idées ne sont peut-être pas encore mûres pour des innovations aussi radicales, mais fatalement le jour viendra où ce qui apparaît aujourd'hui comme utopique sera exigé par l'opinion publique elle-même. Les mécomptes financiers qui résultent de l'organisation en vigueur établiront avant peu l'inaptitude essentielle des pouvoirs politiques à la fonction industrielle. Il faudra coûte que coûte rompre avec des traditions consacrées, quitte à écorner quelque peu la logique juridique. Le Parlement français n'a pas osé porter la main sur l'arche sainte ; que ne s'est-il laissé convaincre par M. Pierre Beaudin, l'ancien ministre de la Marine, qui en avril 1911 disait si justement au Sénat : « Si nous n'avons pas assez de souplesse d'esprit, si nous ne voulons pas faire abstraction d'une façon suffisante de nos doctrines, de nos idées préconçues sur l'organisation et la direction des services de

(1) Rapport de M. de Wauters d'Oplinter, ANN. PARL., n° 31.

l'État, sur les rapports du Parlement et du Gouvernement, d'avance toute organisation industrielle de l'État est impossible »(1). Certains chefs socialistes, comme M. Vandervelde, ont senti la force du dilemme, et sont prêts à admettre un régime nouveau, mais en exagérant la puissance du personnel employé. En tous cas, à parcourir la volumineuse collection des ANNALES PARLEMENTAIRES de ces dernières années, on est frappé de voir que par leurs innombrables questions, leurs interpellations et leurs discours, les honorables députés se révèlent plutôt comme défenseurs des intérêts particuliers que comme gardiens de l'intérêt général. C'est l'administration — et cela lui vaut parfois d'être repoussée avec perte — qui s'efforce de défendre tant bien que mal l'équilibre financier de la régie. Il est impossible que cette situation de fait n'ait pas un jour sa répercussion dans le droit.

M. le Professeur Van der Smissen défendait naguère l'idée que la réforme budgétaire et comptable, urgente au point de vue de nos finances, devrait être réalisée sans attendre qu'un accord complet se soit manifesté sur l'organisation administrative qui conviendrait le mieux à la régie (2). C'est le bon sens même. Le perfectionnement apporté dans les méthodes financières actuellement en usage ne fera que rendre plus facile un progrès ultérieur ; et comme on semble à cet égard plus près d'une entente, nous voulons examiner plus en détail les propositions que la Commission a soumises au Gouvernement.

La section II de l'avant-projet de loi vise tout d'abord à établir l'unité dans le budget de la régie ; elle cherche ensuite à garantir, à côté de l'amortissement financier,

(1) Voir sur l'organisation du réseau français l'article de M. E. Coquet, REV. DE SCIENCE ET DE LÉGISLATION FINANCIÈRE, déc. 1911.

(2) Voir REVUE, janvier 1912, p. 88.

un sérieux amortissement industriel et à régulariser les contre-coups si sensibles que les oscillations du trafic ont aujourd'hui sur le budget général de l'État. Le projet instaure en outre la distinction dans les livres sinon la séparation effective de la dette des chemins de fer et de la dette publique ; il libère enfin la régie de quelques entraves que les prescriptions de la loi de 1846 sur la comptabilité de l'État imposent aux administrations publiques. A maintes reprises, les Sections centrales de la Chambre et les Commissions du Sénat ont attiré sur ces points l'attention du législateur (1).

Espérons que cette fois l'œuvre sera menée à bonne fin. Ce ne serait en somme que la réalisation d'une promesse du discours du Trône de, 1873 dans lequel M. Malou faisait dire au Roi : « Mon gouvernement espère pouvoir vous présenter dans la session actuelle une loi sur la comptabilité ou l'organisation financière des chemins de fer ». Ce long retard n'est qu'un motif de plus pour agir vite et bien.

L'avant-projet affirme d'abord le principe de l'unité budgétaire, avons-nous dit. Il réunit les éléments actuellement épars dans cinq budgets différents, de telle façon qu'un seul et même document renseigne le Parlement sur la situation de la régie. Le budget des chemins de fer serait divisé en trois parties : le budget ordinaire ou plus correctement le budget de l'exploitation, le budget extraordinaire ou budget de construction, et le budget des recettes et dépenses pour ordre qui prévoit des opérations de pure comptabilité. Il sera donc facile de voir quel est le résultat net que l'on attend de l'exploitation. Les crédits extraordinaires figurant à côté des crédits ordinaires, on pourra plus aisément surveiller le classement des dépenses dans l'une ou

(1) Voir dans la REVUE notre article : *L'Autonomie des chemins de fer et le Parlement*, octobre 1912.

l'autre catégorie et opérer au besoin les ventilations nécessaires. Le Gouvernement a d'ailleurs reconnu qu'il y avait avantage à avancer le dépôt du budget extraordinaire, et il vient de l'effectuer pour la première fois, avant le vote des voies et moyens. Le jour où l'on se sera décidé au dépôt simultané de toutes les prévisions de recettes et de dépenses quelconques, il sera littéralement vrai de dire qu'entre le budget unique et les budgets séparés, il n'y a que « l'épaisseur d'une ficelle ». Une autre innovation est à noter : l'avant-projet, en vue d'éviter tout ce qui ressemble aux dépenses sur ressources spéciales, a supprimé la comptabilité des fonds de remploi figurant aujourd'hui au budget pour ordre. De cette façon le budget des chemins de fer, comprenant les charges de l'exploitation aussi bien que les charges financières qui figurent aujourd'hui au budget de la dette publique, se présentera avec toutes les qualités d'unité et d'universalité que la science des finances est en droit d'exiger. L'application de ces principes célèbres s'opère ainsi, tout en respectant les distinctions imposées par la nature même des choses. Ce sera un progrès sensible sur la situation actuelle ; ceux qui s'obstinent à considérer le chemin de fer comme la vache à lait du Trésor, devront se laisser convaincre de leur erreur sous peine de passer pour tout à fait bornés.

Deux autres innovations touchent aux prérogatives financières des grands corps de l'État. Nul n'ignore que le retard dans le vote des budgets est si fréquent que le recours aux douzièmes prévisoires est devenu normal; en vue de parer aux inconvénients qu'ils entraînent, la loi coloniale contient une disposition très heureuse : si le budget du Congo n'est pas voté cinq jours avant l'ouverture de l'exercice, le Roi arrête les recettes et autorise les dépenses; de cette façon, la machine administrative fonctionne avec la régularité

nécessaire et le zèle parlementaire est stimulé par la perspective d'un arrêté royal capable de faire la leçon aux assemblées trop bavardes.

L'avant-projet contient une disposition analogue ; la Commission ne s'est pas laissée arrêter par les scrupules d'ordre constitutionnel soulevés par quelques-uns de ses membres ; elle a cru, à juste titre selon nous, que les articles 110 et 111 de la Constitution ne sont pas en cause. Les recettes des chemins de fer, en effet, bien que figurant actuellement au budget des voies et moyens, n'ont aucunement le caractère d'impôts. Ce sont des taxes, rémunérant un service rendu, et la loi reconnaît formellement cette distinction fondamentale lorsqu'elle permet au Roi de modifier les tarifs par simple arrêté. Pareille délégation serait, en effet, impossible en matière fiscale, car la Constitution veut que l'établissement d'un impôt soit un acte émanant du pouvoir législatif tout entier. Le caractère particulier des recettes de la régie étant ainsi admis, il semble naturel de donner à cette distinction si fondée toutes les conclusions qu'elle comporte. Pour le traitement du Ministre et les frais de l'administration centrale, on pourrait d'ailleurs suivre les errements actuels. De même la Commission n'a pas cru aller trop loin en supprimant, pour les paiements de la régie, le visa préalable de la Cour des Comptes. Elle régularise, en somme, un système déjà admis pour un grand nombre de crédits : dès maintenant le visa préalable ne s'exerce guère que sur la liquidation des sommes dues pour les travaux et pour les fournitures. Or les retards que ces formalités entraînent nécessairement sont très onéreux et les soumissionnaires en profitent pour majorer leurs exigences. Personne n'y gagne. Le contrôle postérieur de la Cour paraît largement suffisant pour garantir la sincérité des écritures. Il ne faut pas oublier non plus, que la surveillance active du comité de contrôle

institué par M. de Broqueville s'étend à tous les degrés de la hiérarchie. Dans ces conditions, les dispositions proposées par la Commission ne semblent pas offrir d'inconvénients sérieux. D'ailleurs le texte même de la loi de 1846 sur la comptabilité de l'État prévoit que des règles particulières pourront être prises à l'égard de l'administration des chemins de fer. Le fonctionnement d'un service industriel ne peut être calqué sur celui d'une administration publique.

Tout le système actuellement en vigueur porte la marque de l'erreur commise par ceux qui n'ont pas, dès le début, saisi cette antinomie. Ainsi on fait grand cas du budget, et on parle peu du compte. Or dans une affaire, c'est le compte qui est vraiment intéressant et instructif; ce sont les résultats constatés de l'exercice écoulé qui donnent les indications les plus sûres pour l'avenir. Présenter un budget en équilibre n'est pas bien difficile; l'important, c'est de vérifier comment les choses se passent en réalité. Fait-on scrupuleusement tous les amortissements prévus? Pourquoi tel poste s'est-il gonflé subitement, pourquoi tel autre a-t-il diminué? Les Chambres suisses ont compris toute l'importance de ce point de vue (1). Elles discutent rapidement le budget et réservent sagement le débat approfondi à la loi des comptes qui leur est présentée dès le mois de juin, suivant la clôture de l'exercice. La Commission du Conseil des États disaient très justement en 1902 : « Il faut remarquer que les chemins de fer fédéraux sont une entreprise commerciale et une exploitation permanente. Dans les exploitations de ce genre, c'est moins le budget que le compte annuel qui donne une juste idée de l'entreprise... les recettes du chemin de fer sont déterminées, quant à leurs sources, par la

(1) Voir notre étude : *Les Méthodes budgétaires d'une Démocratie*, Larcier, 1912.

législation, mais c'est le trafic qui en fixe les chiffres, et il ne se laisse pas commander. Parmi les dépenses, celles qui concernent les traitements sont fixées par la loi et celles pour le matériel d'exploitation par le marché universel et par des conventions bilatérales qu'il faut laisser aux organes du chemin de fer le soin de conclure. » Le budget, n'étant que « l'exposé financier de la situation probable d'une exploitation d'État dont l'examen par l'autorité peut être réglé d'après des principes généraux visant l'intérêt de l'entreprise », l'organe du Sénat fédéral allait jusqu'à proposer de négliger tout à fait le budget pour ne s'occuper que du compte. La tendance est intéressante à noter. Afin de rendre possible l'introduction de méthodes analogues, dont les praticiens de la Commission ont à maintes reprises souligné l'opportunité, l'avant-projet fixe la clôture définitive du compte au 31 mai, afin d'en avancer de cinq mois l'établissement. L'Administration sera certainement capable de réaliser ce progrès dont nul ne déniera les avantages.

L'examen des bilans annuels dressés par le Ministre des chemins de fer met tout de suite en lumière un fait qui entraîne de graves conséquences pour la régie elle-même et pour l'État : le solde du compte est très irrégulier ; de 1897 à 1911, par exemple, il varie entre douze millions de boni et sept de mali. Le budget général est donc exposé à des oscillations très brusques qui rendent particulièrement difficile la tâche du Ministre des finances, gardien de l'équilibre général des recettes et des dépenses (1). En outre, cette situation fait dépendre trop étroitement les disponibilités à consacrer à l'amortissement industriel de la situation financière du moment. Les dépenses d'entretien et de renouvel-

(1) Voir une étude de M. Anciaux : *La réforme fiscale en Belgique* (REVUE ÉCONOMIQUE INTERNATIONALE, 1913, p. 263).

lement devraient être commandées par de seules considérations techniques: la nécessité de donner aux finances de la régie une plus grande élasticité apparaît donc nettement.

C'est pourquoi l'avant-projet crée tout d'abord un fonds de réserve dont le rôle sera d'encaisser les bonis jusqu'à concurrence de 50 millions, et de couvrir les malis. Mais un assez long espace de temps sera nécessaire avant qu'il puisse fonctionner avec efficacité.

L'innovation la plus marquante dans cet ordre d'idées est la création du fonds de renouvellement. La façon dont est entretenu le matériel fixe et roulant a fait l'objet de vives critiques dans la presse et au Parlement. On a reproché à l'administration des chemins de fer de mettre au compte capital des dépenses qui devraient venir à charge de l'exploitation, on lui a reproché de ne pas effectuer suffisamment de mises au rebut et de conserver dans ses parcs trop de vieux « rossignols » d'un emploi très coûteux. Il y a eu de grandes exagérations dans ces critiques, à côté d'une part de vérité. Pour mettre fin à cette situation, l'avant-projet institue un fonds spécial qui régularisera les charges survenant du chef du renouvellement. Empruntant à la Suisse un système très sévère qui y a fait ses preuves, elle a voulu que les versements à faire dans ce fonds ne soient pas laissés à l'arbitraire administratif, mais soient calculés, selon des quotités inscrites dans la loi même, d'après la longueur des voies et les parcours kilométriques. Il deviendrait impossible dès lors de diminuer les sommes consacrées à l'amortissement industriel en vue de produire un boni fictif au grand avantage de tous : la situation apparaîtrait claire et nette. Une avance de 25 millions devra être faite par le Trésor, pour permettre au fonds spécial d'entrer tout de suite en exercice. Ces dispositions sont complétées par la création d'un compte de dépenses à amortir per-

mettant d'éteindre au fur et à mesure les dettes qui n'ont plus leur contre-partie à l'actif. Le fonctionnement du fonds de renouvellement entraînera une augmentation de charges de sept ou huit millions par an. C'est beaucoup, mais rien ne contribuera davantage à assainir la situation financière du railway.

La commission a dû examiner l'opportunité de créer une dette spéciale des chemins de fer. Elle s'est prononcée pour la négative, estimant que la distinction des comptabilités était suffisante. On ne doit pas, en effet, se laisser hypnotiser par la théorie de la cloison étanche à ériger entre les finances de la régie et celles de l'État. Le crédit de la Belgique sera nécessairement engagé par les émissions du chemin de fer ; les dettes indirectes ne jouissant pas sur le marché de la même faveur que la dette directe, la Commission n'a pas voulu préconiser une mesure qui risquerait de rendre les emprunts plus onéreux. Mais rien ne s'oppose à ce que le Ministère des finances se décide à créer un type nouveau de titre, s'il le juge utile. Quant à l'amortissement financier, l'avant-projet, en fixant le délai *maximum* de 81 ans, marque le souhait de la Commission de le voir accélérer si possible. L'expiration des concessions françaises vers le milieu du xxe siècle, la possibilité d'inventions nouvelles rendent impérieuses toutes les mesures tendant à libérer un jour le réseau des charges financières qui l'obèrent aujourd'hui.

Les arguments contre la création d'une dette spéciale sont à coup sûr sérieux ; ils sont même de nature à trancher définitivement la question, à moins qu'il ne soit établi que la séparation de la dette productive et de la dette improductive constitue le seul moyen de marquer à l'opinion publique, facilement égarée en ces matières, que l'on ne peut confondre tous les emprunts dans la même réprobation. Il y a là une considération psychologique qui a son importance. L'emprunt est le seul

moyen, pour une entreprise industrielle, d'effectuer rapidement et avec fruit les travaux indispensables, et les critiques que l'on adresse à cet égard au Gouvernement ne relèvent pas de l'Économie politique, mais bien de l'Économie électorale, ce qui est tout à fait autre chose (1).

Cet aperçu sur l'avant-projet de la Commission spéciale ne serait pas complet si nous ne disions quelques mots d'un point qui a déjà soulevé des polémiques de presse. Le chiffre actuellement indiqué au compte rendu comme formant le capital de la régie peut-il être reconnu exact ? Le réseau vaut-il les deux milliards et demi dont il doit assumer l'intérêt et l'amortissement ? Faut-il faire un inventaire préalable ?

La question pourrait donner lieu à des discussions prolongées. Il est pratiquement impossible d'y répondre adéquatement. En 1905, après de laborieux travaux, M. Liebaert est arrivé à faire concorder les écritures des chemins de fer avec celles du Trésor, et pour ne pas ouvrir une ère de chicanes il paraît sage d'appliquer l'antique adage : *res judicata pro veritate habetur.* Fixer d'une façon certaine la valeur du railway n'est pas possible sans donner dans l'arbitraire. On pourrait à coup sûr trouver des installations qui ne représentent plus ce qu'elles ont coûté ; mais on pourrait en trouver beaucoup, qui au point de vue de leur valeur marchande, ont acquis une énorme plus-value. La plupart des terrains sont dans ce cas. Les calculs du compte rendu représentent une cote mal taillée qu'il faut accepter ; le problème d'ailleurs n'offre pas l'importance qu'il présenterait si l'on devait effectuer une opération de rachat. De toutes façons, le service de la Dette doit être assuré, que ce soit par le budget des chemins de

(1) Voir dans la REVUE notre article : *L'unité de la dette publique et les grandes régies*, juillet 1913.

fer ou par le budget de la Dette publique, et ce qui ne sort pas d'une poche devra quand même sortir de l'autre. M. Helleputte en 1908 a montré qu'en appliquant au réseau de l'État la formule habituelle de rachat, on arriverait à chiffrer sa valeur à une somme supérieure à celle qui figure au compte rendu. L'indication est sérieuse, bien qu'elle ne soit pas rigoureusement démonstrative, puisque le produit net de chaque année n'est pas absolument déterminé par suite des règles indécises en matière d'amortissement industriel. Néanmoins, lorsqu'on considère les énormes services que le railway rend au pays, il semble que le chiffre de deux milliards et demi de capital ne doit pas être éloigné de la vérité.

Les travaux de la Commission que M. Arthur Verhaegen, le distingué député de Gand, a dirigés avec un vif désir d'aboutir, ont certainement fait faire un grand pas à la question de l'autonomie des chemins de fer. Même si le Parlement et le Gouvernement sont d'avis que le moment n'est pas venu d'effectuer une réforme administrative de grande envergure, la voie est largement tracée pour inaugurer des méthodes financières susceptibles de recueillir l'adhésion de tous ceux qui s'intéressent vraiment à la prospérité de nos affaires. La situation actuelle offre un véritable danger, à raison des contre-coups qu'une crise des transports aurait sur le budget général et à raison de l'irrégularité de l'amortissement industriel, faute de fonds compensateurs. Il ne faut pas attendre l'ère des déficits pour y remédier. — « Rien n'est plus facile, disait un jour Gladstone à la Chambre des Communes, rien n'est plus facile que de se départir des bons principes financiers. On est à peu près certain que leur violation n'aura au début et pour un temps que des inconvénients assez légers. Il est de la nature des difficultés financières de ne se révéler qu'au moment où le mal est incurable et

la situation désespérée. » Il faut donc être prévoyant, surtout dans les gouvernements d'opinion où les problèmes compliqués de la science des finances ne sont qu'imparfaitement saisis par l'élément dominant.

Il est urgent de perfectionner la technique budgétaire, et de la mettre, à l'exemple de la Suisse et de l'Italie, en harmonie avec le rôle économique de l'État moderne. Les formes de la comptabilité publique ne permettent pas aujourd'hui de mettre en lumière la véritable situation des grandes régies ; on prive dès lors les ministres du meilleur moyen qu'ils auraient pour justifier les mesures de prudence qu'ils préconisent. Aussi voyons-nous une réaction se dessiner dans les pays les plus enracinés dans de vieux errements.

M. Delanney, Préfet de la Seine, a cherché à présenter un budget industriel des exploitations municipales de la ville de Paris, pour 1914. Dans l'intéressant exposé des motifs de ses propositions, il fait valoir en excellents termes l'importance que la question de forme peut avoir en ces matières. « Un budget clair, dit M. Delanney, est une des conditions indispensables de la prospérité réelle des finances publiques ; les obscurités, les défectuosités qu'on relève dans nos documents, par une action lente et cachée sans doute, mais certaine, ne sont pas sans avoir eu des répercussions défavorables sur la situation financière de la ville de Paris. Disperser des crédits destinés à un même service, c'est d'abord s'exposer presqu'à coup sûr à les fixer d'une manière empirique, en tenant compte avant tout des nécessités immédiates de l'équilibre budgétaire général. C'est aussi s'empêcher d'en connaître et d'en contrôler, d'une manière synthétique et raisonnée, l'affectation et l'emploi. C'est enfin se condamner, en ne dégageant pas les résultats du rendement d'un service, à ignorer s'il répond véritablement à sa desti-

nation, s'il produit en proportion de ce qu'il reçoit, s'il ne grève pas trop lourdement le budget. »

Notre budget des chemins de fer, dans sa forme actuelle expose aux mêmes dangers ; l'autonomie financière permettra d'y parer, et, nous en sommes convaincu, à la lumière d'une comptabilité claire et précise, on acceptera facilement des réformes plus profondes, portant sur l'organisation même de la régie et ses rapports avec les pouvoirs publics. Tous les partis y ont intérêt. Ceux qui ont la responsabilité des affaires doivent souhaiter que les chemins de fer ne deviennent pas une source de déficits constants, et ceux qui prônent en principe la gestion par l'Etat des grandes entreprises d'intérêt collectif ne peuvent que tenir à voir l'expérience belge se poursuivre dans les conditions les plus propres à en assurer le succès.

Cte Louis de Lichtervelde.

L'INVENTION DE RODOLPHE DIESEL

Au témoignage de James Watt, « de toutes les choses de la vie, il n'en est point de plus folle, que de faire des inventions » : cet aveu, tombé des lèvres du plus grand et du plus heureux inventeur des temps modernes, de celui qui créa la machine à vapeur et mourut à l'âge de 83 ans, riche et illustre, laissant derrière lui une œuvre capitale et un nom glorieux, serait de nature à décourager les initiatives les plus fécondes et les laborieux efforts de ceux qui conçoivent et mettent à exécution des idées nouvelles. C'est en effet un rude métier que celui de l'inventeur : découvrir un phénomène inconnu, est une faveur souvent gratuite de la Providence ; créer un engin qui n'existait pas est, au contraire, une œuvre de patiente recherche et de lutte prolongée, que le succès ne couronne pas toujours, quels que soient le génie et le labeur dépensés, et dont les contrefacteurs audacieux et sans pudeur recueillent trop souvent le bénéfice le plus clair et le plus substantiel.

Aussi n'est-il rien de plus curieux et en même temps de plus attachant que l'histoire d'une invention : la recherche de sa genèse, l'analyse de son évolution, le tableau des mécomptes subis, des détresses traversées et des difficultés vaincues avant d'aboutir au résultat longuement poursuivi, voilà les éléments d'un récit dont la logique captive l'esprit et dont les péripéties mouvementées possèdent un charme prenant, égal souvent à celui d'un roman ; il possède l'avantage de

n'être pas œuvre d'imagination, d'avoir été vécu sous nos yeux et de porter l'empreinte d'une saisissante réalité.

L'œuvre de Rodolphe Diesel tentera certainement un jour la plume d'un écrivain : je ne veux tracer ici qu'une esquisse rapide de cette vie d'ingénieur, consacrée au travail, récompensée par un véritable triomphe et terminée par une fin tragique.

Pas n'est besoin d'être mécanicien, ni physicien, pour prendre intérêt à la naissance et au développement du fameux moteur à pétrole, à combustion entièrement interne, qui a éclipsé le chef-d'œuvre de Watt en triplant son rendement, c'est-à-dire en développant une puissance trois fois plus grande par unité de chaleur dépensée.

Diesel a raconté lui-même, dans une conférence donnée en novembre 1912 (1), comment lui est venue l'idée, au demeurant assez banale, dont il devait tirer un si merveilleux profit. Élève au *Politechnikum* de Munich, en 1878, il suivait le cours de thermodynamique du professeur Linde : celui-ci ayant exposé que, dans le cycle de Carnot, tout le calorique fourni par le foyer, suivant l'isotherme supérieure, est porté au réfrigérant en produisant le maximum de travail, son jeune auditeur inscrivit en marge de son cahier de notes ces mots, qu'il se plaisait à y retrouver plus tard : « *Studieren, ob es nicht möglich ist, die Isotherme praktisch zu verwirklichen* » ; chercher s'il n'est pas possible de réaliser pratiquement une isotherme ? Cette préoccupation hanta son esprit, et elle s'y fixa ; devenu représentant à Paris des constructeurs allemands de machines frigorifiques, il rumina longuement son

(1) *Die Entstehung des Dieselmotors*, conférence faite à l'assemblée de la Schiffbautechnische Gesellschaft à Berlin, le 22 novembre 1912.

projet de jeunesse, en cherchant à développer le bagage thermodynamique qu'il avait emporté de l'Université.

Les occupations de sa vie de vendeur de machines ne lui firent pas perdre de vue son premier dessein, mais l'étude et la réflexion mûrirent son projet et le transformèrent. L'étudiant pouvait ignorer, mais l'ingénieur apprit plus tard, que la réalisation d'une isotherme supérieure était obtenue depuis longtemps dans la machine à vapeur ; en période d'admission et en marche à pleine pression, la vapeur afflue de la chaudière au cylindre sans perdre de pression, si les canalisations sont suffisantes, et elle pousse le piston devant elle en conservant même pression, et par suite même température ; le diagramme trace une droite parallèle à l'axe des volumes, qui est à la fois isobare et isotherme. Dans un autre domaine, Siemens avait imaginé un moteur à gaz à combustion, dans lequel un mélange de gaz et d'air, comprimé préalablement, venait s'enflammer progressivement au contact d'un fil métallique rougi par le passage d'un courant électrique ; son brevet a été pris en 1881. Simon avait suivi la même voie, dans son moteur mixte à gaz et à vapeur, et Brayton obtenait un résultat analogue en injectant du pétrole dans l'air surcomprimé, renfermé dans la culasse d'un cylindre moteur, pourvu d'un appareil d'allumage (1). Ces diverses machines avaient fonctionné dans l'industrie d'une manière satisfaisante assurément, mais elles n'y avaient pas conquis la place prééminente qu'elles auraient dû y occuper.

Tel fut encore le sort d'un autre moteur, auquel il a manqué peu de chose pour réussir : je veux parler du moteur Gardie, qui eut son heure de grande célébrité et fit concevoir à un moment donné les plus hautes

(1) Witz. *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz* : première édition, Paris 1886 ; pages 27, 115, 126, 227, etc.

espérances. Gardie avait pris un premier brevet en 1863, alors qu'il commençait ses études de médecine à Montpellier ; mais ce ne fut guère qu'en 1883 que, reniant Galien et Hippocrate, il put s'adonner à la réalisation de son rêve de jeunesse. On construisit un premier moteur dans un petit atelier de construction nantais, trop mal outillé pour un travail aussi délicat ; plusieurs années furent perdues en tâtonnements infructueux, et l'inventeur mourut, en 1890, sans avoir obtenu les résultats que son génie lui avait fait entrevoir. Sa machine était aussi à combustion ; elle marchait aux gaz pauvres, avec régénération. Le gazogène était soufflé avec de l'air à 8 kilogr. de pression : il produisait un gaz combustible sous même pression, qui se mêlait à de l'air comprimé en entrant dans le cylindre moteur, et y brûlait progressivement sous pression constante (1). Cette machine était rationnelle et sa disposition présentait de très ingénieux détails ; mais les encombrants compresseurs dont elle était embarrassée, et qui possédaient d'ailleurs un mauvais rendement, absorbaient une notable proportion de la puissance développée ; l'exécution des mécanismes était d'autre part défectueuse ; l'idée du maître fut mal comprise et mal appliquée ; bref, elle tomba dans une mauvaise terre et le grain ne germa pas.

Ce qui manquait en général à tous ces moteurs à combustion, c'était une compression suffisante. Et pourtant la théorie était formelle à cet égard, et elle avait établi que le rendement de cette classe de machines croissait avec le degré de compression préalable (2). Mais ce n'était pas tout de le dire : il fallait trouver le moyen de le faire ; s'il y a loin de la

(1) Witz. *Traité des moteurs à gaz*, troisième édition, Paris, 1895, tome II, page 23.

(2) Cf. *Études sur les moteurs à gaz tonnants*, par A. Witz ; ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE, 3e série, tome XXX, 1883.

coupe aux lèvres, il y a plus de distance encore entre les indications d'une théorie et leur réalisation pratique.

C'est à Diesel qu'est échu le mérite d'avoir imaginé et construit le premier moteur à combustion à très haute compression.

Comment et par quel chemin a-t-il été conduit à ce brillant résultat ? Il serait assez malaisé de le dire, car les confidences de sa conférence sont peu explicites sur ce point.

Il raconte que, familiarisé avec les propriétés du gaz ammoniac, mis en œuvre dans les machines à glace de Linde, dont il avait la représentation, il considéra ce gaz comme une vapeur surchauffée, et qu'il entreprit de construire un moteur à ammoniaque : cette tentative ne lui donna que des déceptions et il dévora en essais les économies qu'il avait péniblement amassées. Il est permis de croire cependant que cette école lui fut profitable, car elle lui démontra la possibilité de l'utilisation pratique des très hautes pressions, que les mécaniciens n'osaient aborder jusque-là dans les moteurs.

C'est en 1892, dans un opuscule célèbre auquel l'éditeur a mis la date de 1893 (1), que notre illustre inventeur exposa les considérations théoriques sur lesquelles il se fondait pour déclarer que « les moteurs à air chaud et à gaz tonnants mettaient en œuvre des principes erronés, et qu'il ne fallait en attendre aucune amélioration, conduisant à des résultats plus favorables, aussi longtemps qu'on appliquerait ces principes ». Il formulait des lois nouvelles et présentait un type de machine conçu d'après ces données, qui devaient d'après

(1) R. Diesel. *Theorie und Konstruction eines rationellen Warmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren* ; Berlin, Julius Springer, 1893.

lui, « réduire la consommation de combustible au minimum de ce que l'état actuel de la science permettait d'entrevoir ».

Diesel manifestait ainsi une confiance pleine d'audace et de superbe dans son œuvre, mais il ne se trompait pas ; son moteur a réalisé un rendement thermique qui n'avait pas encore été atteint et qui ne sera sans doute point dépassé. Les considérations théoriques exposées dans son mémoire et sur lesquelles se fondaient ses grandes espérances, ne s'imposaient pas absolument à l'esprit; elles ont été discutées, mais les conclusions auxquelles il a été conduit par elles constituent le principal facteur de son admirable succès.

Ces conclusions étaient énoncées ainsi qu'il suit :

1° Établissement de la plus haute température du cycle. non par une combustion et durant cette combustion, mais par une compression mécanique d'air pur.

2° Introduction progressive d'un combustible finement pulvérisé, dans le sein de cet air surcomprimé et surchauffé, durant une partie de la course en avant du piston, de telle sorte que la combustion s'effectue isothermiquement.

3° Dosage exact du combustible et du comburant, en tenant compte de la température de l'air surcomprimé ; le fonctionnement pratique du moteur dispensera de réfrigérer les parois du cylindre.

L'invention est nettement énoncée dans ces quelques lignes, et sa nouveauté est assez bien mise en lumière ; mais Diesel la précisa beaucoup mieux dans les conclusions du brevet allemand n° 67207 qu'il s'était empressé de prendre dès le 28 février 1892. Voici en effet comment est rédigé le premier alinéa des *Patent Ansprüche* (Revendications brevetées), qui ont pour objet d'assurer les droits du titulaire de la patente : « Un mode de travail caractérisé par ceci, que de l'air ou bien un mélange d'air et de gaz indifférents est comprimé

suffisamment (so stark verdichtet wird) par le piston dans le cylindre moteur, pour que la température développée de la sorte dépasse considérablement la température d'inflammation du combustible employé (dass die hierdurch entstandene Temperatur weit über die Entzündungs Temperatur des zu benutzenden Brennstoffes liegt) ». Il ressort de cette spécification que le moteur fonctionnera à quatre temps, et à combustion, ce qui n'est pas une nouveauté, mais en comprimant d'abord de l'air, et en y injectant le combustible au point mort, alors que la compression aura élevé la température de cet air bien au-dessus de la température d'inflammation du combustible.

Les prédécesseurs de Diesel, sauf peut-être Brayton (1), comprimaient *ensemble* le combustible et le comburant avant d'introduire leur mélange dans le cylindre moteur ; au contraire, notre ingénieur les comprime *séparément* : avant lui, des compresseurs étaient adjoints au cylindre moteur, et l'on marchait à deux temps, au lieu qu'il effectue la compression dans le cylindre moteur par le piston moteur lui-même, en fonctionnant à quatre temps ; les premiers avaient

(1) Je décrivais ainsi qu'il suit le moteur Brayton, dans la première édition de mon *Traité des moteurs à gaz*, page 18 : « L'air comprimé par une pompe pénètre dans le cylindre à travers une série de disques de bronze perforés, entre lesquels se trouve une masse spongieuse, imprégnée d'un hydrocarbure lourd, par le jeu d'une petite pompe alimentaire ; c'est sous forme de rosée que le liquide est entraîné et projeté sur une toile métallique derrière laquelle la combustion se maintient sans interruption et sans explosion... Le moteur Brayton est le type des machines dans lesquelles le combustible est enflammé graduellement sans que la pression s'élève ; le fluide se dilate progressivement derrière le piston qu'il fait reculer dans le cylindre ; ce genre de machines a justement attiré l'attention des savants aussi bien que des ingénieurs ». Ce qui précède a été imprimé en 1886, six ans avant le premier brevet Diesel.

Le brevet Brayton remonte du reste à l'année 1872 ; la machine a été construite par la *Brayton Petroleum Engine C°*, de Boston ; avec une compression de 4 kilogs, elle consommait presqu'un litre et demi d'huile, de densité égale à 0,85, par cheval-heure effectif. Le cylindre et les organes d'allumage s'encrassaient rapidement. Des modifications, apportées au moteur en 1892, avaient légèrement amélioré son fonctionnement.

besoin, au moins pour les mises en route, d'un appareil d'allumage, tandis que cet allumage est spontané dans le moteur Diesel, par l'effet de la haute pression et de la haute température de l'air surcomprimé.

Nombreuses et variées sont les revendications du brevet de février 1892. L'inventeur ne craint pas d'entrevoir les pressions compressives les plus élevées, de 200 atmosphères et plus. Il propose d'effectuer cette compression en deux échelons, d'abord avec injection d'eau, donc à température constante, ensuite sans injection jusqu'à la température maximum qui a été choisie. La détente qui suit la combustion est supposée assez complète pour que la température des gaz brûlés détendus tombe au niveau de la température extérieure : on admet même qu'elle deviendra inférieure à celle de l'ambiant (1), et Diesel a l'illusion d'utiliser ces gaz comme réfrigérants : non seulement, dit-il, le cylindre n'aura pas besoin d'être réfrigéré par une circulation d'eau dans son enveloppe, mais on devra le protéger contre le réchauffement.

Les pertes par la décharge des gaz sont supprimées, inutile de le faire remarquer, puisque toute la chaleur de la combustion est entièrement transformée en travail. Ces revendications, dont Diesel a dû sourire lui-même plus tard, sont consignées encore dans le brevet français n° 220903, pris le 14 avril 1892, et dans le deuxième brevet allemand, n° 82168, qui vint rapidement compléter et préciser le premier.

Diesel poursuivait avant tout la création d'une machine motrice économique ; mais son esprit entreprenant avait conçu d'autres projets. Il fait remarquer en effet qu'on pourrait mêler l'air comburant de gaz

(1) Die Abgase können hierbei sogar unter atmosphaerischer Temperatur gekühlt entlassen werden und daher noch zu Kühlzwecken dienen.

inertes, provenant de combustions antérieures, et il mentionne expressément « la construction de machines fermées, n'aspirant à chaque course que la quantité d'air nécessaire pour assurer la combustion, mais en travaillant, en dehors d'une légère expulsion, toujours avec la même masse gazeuse ». Dans ce peu de mots se trouve esquissée une machine, qui propulsera peut-être un jour les sous-marins (1). Dans le brevet français, en signalant l'emploi éventuel des gaz de l'échappement à des refroidissements, il ajoute ces mots : « Dans cette modification du procédé, la production du travail moteur peut être supprimée en tout ou en partie » ; ne veut-il pas indiquer une machine frigorifique automotrice ?

Mais restons au moteur Diesel proprement dit, et voyons de quelle manière l'inventeur se proposait de le réaliser. Un premier projet comportait (2) l'emploi de deux cylindres de combustion, à simple effet, dont nous désignerons les pistons par la lettre P, reliés d'une part à un cylindre de détente, de plus grand diamètre, à double effet, et d'autre part à un réservoir d'air comprimé L : appelons Q le piston du grand cylindre. Le combustible qu'on se proposait d'employer devait être du charbon très finement broyé, ou bien une huile quelconque, pulvérisée et divisée en gouttelettes, qu'on injectait et qui brûlait graduellement au fur et à mesure de son introduction dans les chambres des cylindres à combustion.

Par sa face supérieure, le piston Q aspirait de l'air dans sa période ascendante ; il le refoulait, en descendant, dans le réservoir auxiliaire L : un des effets du

(1) L'idée a été développée par M. Jaubert qui absorbe par une lessive alcaline l'acide carbonique des gaz de la décharge.

(2) Le brevet allemand 67207 décrit un type compound et un autre à un seul cylindre ; le mémoire cité plus haut *Théorie und Konstruction*... ne représente sur la figure de la planche que le type compound.

grand cylindre était donc uniquement consacré à l'alimentation de ce réservoir. Les pistons P y puisaient de l'air, qu'ils surcomprimaient dans leurs cylindres respectifs, dans la seconde période de leur marche. Le combustible était projeté dans cet air au point mort et il y brûlait comme nous l'avons dit ci-dessus : la détente, commencée en combustion, se poursuivait dans la course correspondante des pistons P ; elle se terminait en agissant sur la face inférieure du piston Q.

On le voit : les deux petits cylindres constituaient deux moteurs jumelés ; le grand cylindre, qui leur était annexé, réalisait un dispositif de compoundage avec prolongation de la détente : un seul des effets de ce cylindre était donc moteur.

La conjugaison alternante des petits cylindres permettait d'obtenir une course motrice à chaque tour de la machine.

Les dispositions imaginées par Diesel étaient ingénieuses et leur combinaison rationnelle ; le projet obtint le patronage de trois maîtres éminents, Linde, Zeuner et Schröter ; la machine entrait donc dans le monde sous les meilleurs auspices et elle trouvait dans son berceau les plus hautes protections.

Les constructeurs allemands se disputèrent l'exploitation des brevets Diesel et, dès le 21 février 1893, un contrat était conclu avec la *Maschinenfabrik Augsburg ;* le 10 avril, la maison Krupp d'Essen traitait sur des bases analogues, et un consortium de ces deux puissantes maisons entreprenait la réalisation d'une machine de quatre chevaux.

C'est dans les ateliers d'Augsbourg que le moteur Diesel a vu le jour.

Mais on abandonna tout de suite l'idée du compoundage, et l'on construisit une machine monocylindrique, ne possédant qu'un seul cylindre de combustion; le cylindre de détente était donc supprimé. Au lieu d'ali-

menter le moteur avec du combustible solide pulvérisé et tamisé, on employa tout simplement de l'huile de pétrole, en se réservant d'utiliser plus tard le charbon ou les gaz pauvres. L'expérience montra qu'il n'y avait rien à espérer dans cette dernière voie, et le Diesel est resté un moteur à huile. C'est sous cette forme qu'il a fait l'admirable carrière que l'on sait, et qui a rendu célèbre le nom de son génial inventeur.

Mais le succès ne devait venir qu'après une longue série d'études et de recherches, dans lesquelles Diesel trouva le concours de deux praticiens distingués, MM. Lucien Vogel et Buss, attachés à la Société d'Augsbourg : il a toujours rendu hommage à la science et au dévouement inlassable de ces collaborateurs de la première heure, qui devaient partager avec lui la lourde charge de la mise au point du concept idéal des brevets. Inventer, c'est assurément quelque chose; mais il est plus difficile et non moins important de donner un corps à ce que l'esprit a conçu.

On se mit rapidement à la besogne, et, le 17 juillet, un moteur de 4 chevaux était construit.

C'était une machine du type vertical dénommé à pilon : le cylindre moteur était boulonné à la partie supérieure d'un bâti en fonte, et son piston attaquait un arbre coudé, placé à la partie inférieure. Les organes de distribution étaient logés sur la culasse surmontant le cylindre : ils se composaient d'une soupape d'admission de l'air, d'une soupape d'échappement des gaz brûlés, et d'un appareil d'injection au pétrole. Le fonctionnement était à quatre temps. Dans une première course descendante, le piston aspirait de l'air : il le comprimait en remontant. L'injection de pétrole n'était faite qu'au moment où le piston était revenu à son point mort ; la combustion et la détente se produisaient alors, au cours du troisième temps ; le quatrième temps évacuait les gaz détendus.

L'injection et la pulvérisation de l'huile étaient opérées par une chasse d'air violente ; l'air utilisé à cet effet était comprimé par un compresseur spécial, dans un réservoir, accolé au bâti ; le pétrole était servi par une petite pompe, mise sous la dépendance du régulateur. Inutile de signaler que la pression de l'air de chasse et du liquide devait nécessairement être très supérieure à celle de l'air comprimé, au deuxième temps, dans le cylindre moteur par son propre piston.

J'ai dit que Diesel avait envisagé une compression atteignant 250 atmosphères : c'était un vœu imprudent; on se borna à 40 atmosphères, et l'on eut assez de peine à arriver à ce chiffre, que l'on n'a du reste jamais réussi à dépasser.

Pour développer une puissance effective de quatre chevaux, on avait donné au cylindre moteur 150 millimètres d'alésage et au piston 400 millimètres de course ; la vitesse était réglée à 300 révolutions par minute.

Cette machine commença à faire quelques tours le 10 août 1893 : mais sa marche était détestable, et le journal quotidien, dans lequel les vaillants ingénieurs consignaient fidèlement leurs observations et leurs impressions, porte ces mots qui sont révélateurs : « Die erste Maschine hat überhaupt niemals selbständig laufen können ! cette première machine n'a, à vrai dire, jamais pu fonctionner d'elle-même. »

Tous ses détails étaient à étudier et à perfectionner l'un après l'autre, et il serait trop long de faire l'énumération complète des déboires de toute nature que l'on éprouva, avant de recueillir un travail soutenu et constant.

Ces premiers essais n'étaient pas sans danger, car fréquemment se produisaient, au lieu des combustions progressives, sous pression constante, que l'on escomptait, de violentes explosions, qui portaient la pression à des valeurs instantanées de plus de 80 atmosphères.

Heureusement que le cylindre était construit comme un canon, dit le journal, « wie eine Kanone » ; on en fut quitte pour la peur et l'on n'eut aucun accident grave à déplorer. Il y a une providence pour les plus audacieux inventeurs.

En janvier 1894, une nouvelle machine avait été reconstruite, sur laquelle on put enfin se livrer à des essais suivis. Le cylindre avait été éprouvé à 200 atmosphères, et tous les organes modifiés d'après les données des premiers essais.

Il paraît que les premières expériences sérieuses faites au frein ne purent avoir lieu que le 1er mars 1895 ; le 11 octobre, on releva une consommation de pétrole de 356 grammes par cheval-heure effectif.

En 1896, on aborda la construction d'une machine de 250 millimètres d'alésage et 400 de course, qui confirma enfin les espérances de tous ; le 29 janvier 1897, on put annoncer à M. Krupp que la dépense de pétrole avait été abaissée à 258 grammes par cheval-heure effectif ; le 1er février, on faisait une expérience sous les yeux du concessionnaire français M. Dyckoff, qui établissait une consommation de 234 grammes. Enfin, M. le professeur Schröter procédait, le 17 du même mois, à ces essais officiels, dont on a tant parlé, qui aboutirent à la constatation d'un rendement organique de 76,5 pour cent, d'un rendement thermique de 34,7 pour cent, et d'une dépense de 180 grammes de pétrole, par cheval-heure pour une puissance effective de 20 chevaux. En présence de ces résultats extraordinaires, M. Schröter déclarait au congrès de Cassel, que le moteur Diesel s'était placé au premier rang des meilleures machines motrices ; l'éloge n'était pas exagéré.

Il avait fallu quatre années d'efforts pour aboutir à ce résultat : la pensée de Diesel avait été un éclair ; il n'en serait peut-être resté qu'une illumination passagère du ciel des théories, si d'habiles et infatigables

ingénieurs ne s'étaient mis au travail, aux côtés et sous la direction de l'inventeur, et ne lui avaient apporté le concours de leur technique et de leur savoir-faire pour l'aider à surmonter une à une les difficultés de l'exécution. C'est pourquoi Diesel déclarait, avec beaucoup de vérité et non moins de modestie, que la machine était un compromis entre la théorie et la pratique.

Qu'était-il resté de la première idée du théoricien ? le fait de la combustion graduelle avec haute compression préalable, qui suffit pour expliquer les merveilleuses consommations relevées, ainsi que je l'ai fait ressortir autrefois (1) ; si l'hypothèse d'une compression à 250 atmosphères avait été autre chose qu'une utopie, le rendement thermique aurait atteint 72 pour cent ; avec 35 atmosphères, il doit encore prendre théoriquement une valeur de 56 pour cent ; on observe 36 en pratique courante.

Mais, nous dira-t-on, les avantages de la combustion et des fortes compressions avaient donc été indiqués bien avant l'année 1892, et Diesel n'a pas le droit de revendiquer une chose qu'il n'a pas inventée.

Il ne l'a pas inventée de toutes pièces, c'est vrai, mais il a inventé le procédé qui a permis de réaliser cette chose, à savoir la compression séparée de l'air et du combustible et *l'ignition mécanique*. De plus, il a construit et mis au point la machine à haute compression, fonctionnant à quatre temps et à combustion, que nul n'avait pu établir avant lui. Pour ce faire, il lui a fallu surmonter d'énormes difficultés, contre lesquelles tout autre que lui se serait buté et aurait échoué. La machine qu'il a créée a été amenée par lui à un tel degré de perfection, qu'elle constitue un modèle classique, pour ainsi dire, auquel on n'a apporté que de

(1) *Moteurs à combustion et haute compression* : COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, tome CXXVI, 28 mars 1898.

faibles modifications, et qui a été adopté tel quel par la concurrence, le jour où les brevets sont tombés dans le domaine public.

L'œuvre était d'ailleurs si parfaite que Diesel a eu le privilège rare de n'avoir pas à défendre son œuvre contre des contrefacteurs, et en cela il a été plus heureux que Watt. Il est vrai que son moteur n'a pu s'accommoder de combustibles solides et gazeux, trompant ainsi ses espérances, mais il a permis d'utiliser toutes les qualités d'huiles combustibles, depuis les pétroles raffinés jusqu'aux huiles minérales brutes noires et épaisses, telles qu'elles sortent de terre par les sondages les moins favorisés, et aux huiles végétales de toute origine, huiles d'arachide ou autres.

La puissance par cylindre à 4 temps et simple effet dépasse aujourd'hui 200 chevaux ; en les groupant on dépasse aisément 1000 chevaux, et l'on a construit des machines de plusieurs milliers de chevaux, à deux temps et double effet.

Ainsi que Diesel l'avait annoncé en 1892, des moteurs s'installent partout dans l'industrie fixe, dans les stations centrales d'électricité, à bord des navires et sur le châssis des locomotives.

Dans tous ces moteurs, le cheval-heure effectif s'obtient par 1900 calories, alors que la machine à vapeur surchauffée en dépense 5250 et le moteur à gaz pauvre 3200.

N'était le prix élevé des combustibles liquides, aucune machine motrice ne pourrait lutter, au point de vue économique, contre le moteur Diesel.

Nous avons dit dans quelle mesure l'illustre ingénieur bavarois a contribué à ces admirables résultats : son nom prendra place parmi les plus grands ingénieurs du siècle.

AIMÉ WITZ.

LE
CHEMIN DE FER DU LOETSCHBERG

AU POINT DE VUE DES INTÉRÊTS BELGES (1)

—

Renseignements techniques et financiers
sur sa construction et son exploitation

CHAPITRE PREMIER

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Ce qu'est la ligne du Loetschberg : son histoire et ce qu'elle a coûté. — Étude économique du Loetschberg au point de vue des intérêts de la Belgique, de la France, des autres pays.

L'ouverture toute récente de la ligne de chemin de fer dite « du Loetschberg » (2) avec sa grande percée à travers les Alpes Bernoises, est un évènement qui doit attirer notre attention, tant au point de vue économique qu'au point de vue scientifique.

Au point de vue économique, en effet, ce chemin de fer a ouvert une nouvelle voie directe entre l'Italie et un immense secteur des pays Nord-Ouest de l'Europe,

(1) Conférence faite à l'Assemblée générale de la Société scientifique de Bruxelles, le 29 janvier 1914.

(2) Le chemin de fer du Loetschberg a été inauguré le 28 juin dernier (1913) et ouvert au trafic international le 18 septembre suivant.

dans lequel la Belgique est comprise. Il crée une concurrence sérieuse à la voie du St-Gothard qui était, avant le Loetschberg, la voie la plus directe de communication entre ces pays.

Au point de vue scientifique, les procédés spéciaux employés pour sa construction particulièrement difficile et l'emploi exclusif, pour son exploitation, de locomotives électriques d'une puissance inconnue jusqu'ici, constituent des progrès marquants dans l'art de l'ingénieur et qu'il est intéressant de faire connaître.

A. — Ce qu'est la ligne du Loetschberg : son histoire et ce qu'elle a coûté

§ 1. — TRACÉ GÉNÉRAL DE LA LIGNE DU LOETSCHBERG

Tout d'abord, disons ce qu'est cette ligne du Loetschberg (fig. 1 et 2 ; pl. I, fig. 1, 2 et 3).

Le Chemin de fer du Loetschberg part de la gare de Spiez, située sur la rive sud du Lac de Thoune et appartenant à la ligne Berne-Interlaken. Il aboutit à Brigue, localité située au fond de la vallée du Rhône, au pied de la montagne du Simplon et tout près de la frontière suisse-italienne.

La nouvelle ligne se plante presqu'à angle droit, à Spiez, sur cette ligne Berne-Interlaken, se dirige à peu près plein Sud vers la grande chaîne des Alpes Bernoises, escalade à découvert les premiers contreforts de celle-ci, dans la profonde vallée de la petite rivière « la Kander » ; puis, arrivée a 1200 mètres d'altitude, elle s'enfonce résolument dans la montagne même, par un tunnel de 14 1 2 kilomètres de longueur et en ressort du côté opposé, où elle ne tarde pas à atteindre la vallée du Rhône. Là, elle quitte sa direction primitive Nord-Sud, pour se plier à angle droit et se diriger vers l'Est, en descendant progressivement dans cette vallée du Rhône. Elle atteint ainsi son point terminus à Brigue

où elle se soude à la grande ligne internationale Genève-Lausanne-Milan après avoir parcouru l'une des parties les plus pittoresques de la Suisse.

En réalité, la ligne proprement dite du Loetschberg n'a que 60 kilomètres de longueur. Et, même en y ajoutant le tronçon de 13 kilomètres, existant depuis 1901 de Spiez à Frütigen, la ligne entière de Spiez à Brigue ne mesure que 73 kilomètres 197.

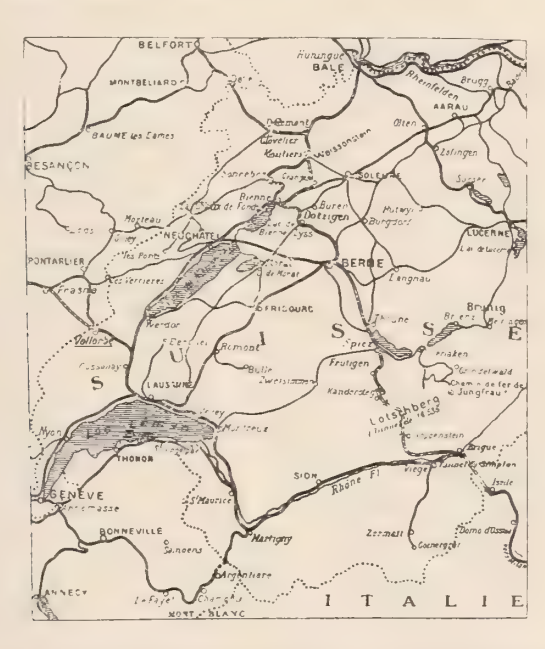

Fig. 1. — Lignes suisses d'accès au chemin de fer du Loetschberg (schéma).

Ce n'est donc pas sa longueur, relativement peu considérable, qui en fait l'importance, mais bien le détour de la chaîne des Alpes Bernoises qu'elle a supprimé en passant au travers, travail qui a pour conséquence immédiate de raccourcir de 150 kilomètres la distance par fer Berne-Milan et, par cela même, de faciliter nos relations vers l'Italie.

§ 2. — RÉSUMÉ HISTORIQUE DE LA CRÉATION DE LA LIGNE

L'on peut s'étonner à bon droit qu'une ligne si importante et appelée à rendre tant de services n'ait pas été construite plus tôt, et que, tandis que les relations entre le Nord et le Midi de l'Europe sont si considérables, le chemin de fer du Loetschberg ne soit ouvert au public que depuis quelques mois.

Ceci demande quelques explications.

L'idée d'établir à travers la Suisse une voie directe, en passant à travers la grande chaîne des Alpes, remonte au commencement du siècle dernier. Elle prit surtout de l'importance lors de l'établissement des chemins de fer en Suisse.

Toutefois ce ne fut que vers 1857 qu'elle prit corps et que l'on s'occupa sérieusement de la réaliser.

Plusieurs voies se présentaient plus spécialement pour effectuer cette trouée des Alpes.

Il y avait d'abord, dans la continuation de la dépression du Lac des Quatre Cantons, la vallée de la Reuss qui entaillait profondément le flanc nord de la montagne du St-Gothard ; et, sur le flanc sud de cette même montagne, en face et du côté opposé de la vallée de la Reuss, se trouvait la vallée du Tessin. Réunir ces deux vallées par un tunnel à travers le St-Gothard, semblait donc une voie tout indiquée pour une grande ligne internationale se soudant au Nord aux lignes suisses et, au Midi, aux lignes italiennes.

D'autre part, plus près de Berne, se présentait, dans la continuation de la grande dépression des Lacs de Thoune et de Brienz, la profonde vallée du Häsli, descendant des Alpes Bernoises et qui se prêtait à l'établissement d'une grande voie ferrée, laquelle, par le percement du Grimsel, montagne faisant partie des

mêmes Alpes, pouvait donner la communication cherchée avec l'Italie.

Les pouvoirs publics hésitèrent longtemps entre ces deux voies. Mais en fin de compte, ce fut le projet du St-Gothard qui l'emporta, parce qu'il répondait bien au désir de créer une grande voie internationale directe entre les pays du Nord et l'Italie, mais surtout, parce que

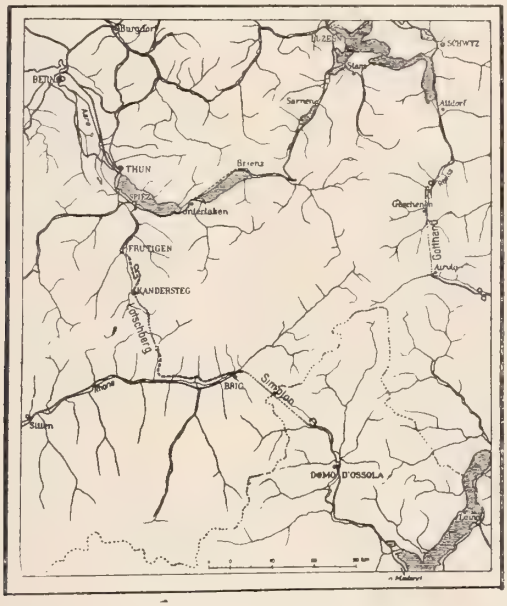

Fig. 2. — Schéma de la ligne du Loetschberg.

l'Italie, qui intervenait dans la dépense, trouvant grand avantage à ce projet, insista vivement pour qu'il fût choisi et réalisé. Puis, il y avait l'Allemagne qui intervint à son tour parce qu'elle voyait dans ce chemin de fer du St-Gothard un important élément de transit pour ses lignes d'Alsace-Lorraine. Bref, ce fut le percement des Alpes par le St-Gothard qui fut décidé et exécuté le

premier. Commencé vers 1876, il fut livré à la circulation dans le courant de l'année 1883 (1).

Toutefois, par cette préférence donnée à la voie du St-Gothard, les intérêts du Canton de Berne avaient été sacrifiés.

En effet, alors que Berne est éloigné tout au plus de 90 kilom., à vol d'oiseau, de la frontière italienne, il fallait, si de cette capitale on voulait se rendre par chemin de fer en Italie, à Milan, par exemple, il fallait, disons-nous, y aller par le St-Gothard, en faisant un détour de 250 kilom. avant d'atteindre la frontière italienne (fig. 2). On pouvait, il est vrai, y aller aussi par Lausanne et la ligne du Jura-Simplon, en contournant la chaîne des Alpes et remontant la vallée du Rhône jusque Brigue. Mais, arrivé là, comme le tunnel du Simplon n'existait pas encore, il fallait passer, en malle-poste, cette montagne à 1500 ou 2000 m. d'altitude, pour aller retrouver, de l'autre côté, les lignes de chemin de fer italiennes; cette ascension prenait une journée entière.

Pareille situation, si préjudiciable aux intérêts du Canton de Berne et, d'une façon plus générale, si défavorable aux deux pays limitrophes, ne pouvait évidemment perdurer.

Toutefois, des deux obstacles — les Alpes d'une part, le Simplon de l'autre — qui coupaient la ligne directe Berne-Milan, ce ne fut pas le percement des Alpes, quelqu'ancien qu'en fût le projet, qui disparut le pre-

(1) L'auteur a visité en 1880 les travaux de percement du St-Gothard, et voici les quelques indications laconiques qu'il retrouve dans ses notes de voyage, comme aide-mémoire :

« J'ai visité ce matin (19 août 1880) les travaux du tunnel du St-Gothard. La communication est établie, mais seulement à petite section. Je suis allé avec la locomotive jusque 2800 m. du côté nord. J'ai ensuite dû continuer à pied jusque 3100 m. à cause des éboulements qui se sont produits et que l'on répare. Il restait 28 m. de ces éboulements à réparer. Température à front 30°.

mier. Le percement du Simplon fut étudié et résolu dans les dernières années du siècle dernier. Les travaux, commencés en 1900, furent complètement terminés en 1906, année dans laquelle la voie directe Genève-Milan fut livrée à l'exploitation (1).

Restait cette fameuse question de la percée des Alpes Bernoises qui, dès que le tunnel du Simplon fut décidé et entré dans la période de réalisation, prenait plus d'importance encore et affectait un caractère d'urgence absolue.

Mais l'on était encore loin alors d'être fixé sur la voie à suivre.

Après avoir d'abord étudié un premier projet de percement par la Gemmi — projet qui fut du reste abandonné — on hésitait toujours entre deux autres projets plus facilement réalisables, l'un par le Lœtschberg et l'autre par le Wildstrübbel. Des études sérieuses avaient été faites de ces deux projets ; il en résultait que le percement par le Loetschberg avec rampes de 27 ‰, courbes de 300 m. et tunnel de faîte de 14 km. de long, coûterait environ 86 1/2 millions. Un autre projet, par la même montagne, avec rampes maxima de 15 ‰, courbes de 500 m. et tunnel de base de 21 kilom. de long, était évalué à 114 millions. Enfin. le projet par le Wildstrübbel, avec rampes de 15 ‰, courbes de 500 m. de rayon et deux tunnels, l'un de

(1) Un curieux rapprochement historique, à propos de ce tunnel du Simplon. Ce fut de 1800 à 1805 que fut construite, sur l'ordre de Napoléon Ier, la grande route du Simplon, l'une des premières routes carrossables transalpines. Cent ans plus tard, le grand tunnel, permettant de passer par chemin de fer d'un côté à l'autre du Simplon, était inauguré.

Quatre ans après ce grand évènement, en 1910, l'aviateur Chavez survolait cette même montagne avec son aéroplane et, malheureusement, devait payer de sa vie cette audacieuse entreprise que renouvelait, mais sans accident, l'aviateur Bulovucie, en 1912.

13 1/2, l'autre de 8 1/2 kilom. de longueur, devait coûter 130 3/4 millions.

Ce dernier projet par le Wildstrübbel, quoique le plus coûteux, parut, pendant un certain temps, devoir l'emporter, parce qu'il présentait de moins fortes rampes et de grandes courbes, conditions *sine qua non* d'une exploitation intense avec locomotives à vapeur de grande puissance, seul moyen employé pour les grandes lignes internationales quand on faisait ces études.

Et puis, ce projet, précisément pour ces raisons, avait les préférences de la Commission internationale composée de trois membres, à laquelle avaient été soumis les divers projets, Commission dont la Belgique avait l'honneur de faire partie et où elle était représentée par M. Joseph Garnir, le regretté chef d'exploitation de notre réseau ferré.

Mais entre-temps, la question de la traction, sur les grands chemins de fer, par l'électricité avait fait de grands progrès, et un concours établi entre les principaux constructeurs de locomotives électriques avait amené la création d'un type de puissantes machines, capables de remorquer régulièrement à la vitesse normale de lourds trains sur de fortes rampes, avec courbes de petit rayon.

Dès lors, l'hésitation n'était plus possible : c'était le premier projet du Loetschberg, d'exécution plus rapide et moins coûteuse, qui devait l'emporter moyennant quelques modifications.

Les moyens financiers furent rapidement réunis et fournis, une part par des capitaux suisses, le reste par un consortium français, dont faisaient partie la Banque Lhoste et Cie, de Nancy et les Chemins de fer de l'Est-français. Ce consortium chargea de la construction un syndicat d'entrepreneurs parmi lesquels figurait M. Coiseau, dont nous avons vu le nom accolé à celui de

MM. Em. et Jean Cousin, nos distingués compatriotes, pour la construction du port de Zee-Brugge.

§ 3. — COUT DE LA LIGNE

Le devis d'établissement de la ligne s'établissait alors comme suit :

Frais d'organisation, d'administration et de direction		1 432 000 fr.
Intérêts du capital d'établissement		2 881 200 »
Expropriations (la plupart des terrains étant incultes)		1 261 800 »
Établissement complet de la ligne, tunnel compris .		71 760 700 »
Total de l'infra et suprastructure		77 335 700 »
Matériel roulant	1 900 000 fr.	
Locomotives et installations électriques	3 625 000 »	
Ensemble		5 525 000 »
Mobilier et ustensiles		239 300 »
Total général		83 100 000 »

soit, en chiffres ronds, 1 400 000 fr. par kilomètre de ligne (1).

C'est à ce prix que fut adjugée l'entreprise, avec cette stipulation toutefois que, pour les deux rampes d'accès au tunnel, dont le tracé pouvait encore changer, les dépenses ne seraient arrêtées qu'au fur et à mesure de la production des tracés définitifs.

Remarquons que ce devis de 83 millions s'appliquait à un chemin de fer et à un tunnel à simple voie, ce tunnel étant présumé devoir coûter autant à lui seul que l'ensemble des deux rampes d'accès, soit 37 millions, chiffre rond. Les entrepreneurs consentaient toutefois à exécuter le tunnel à double voie, pourvu que l'on en portât le prix d'entreprise à 50 millions.

(1) Ce chiffre de 1 400 000 fr. par kilomètre dépasse très sensiblement le coût ordinaire du kilomètre de chemin de fer, qui n'est en moyenne pour l'Europe, que de 400 000 fr. pour 1912. (Statistique annuelle de l'Office central de Berne)

C'est dans ces conditions que fut exécuté le grand tunnel.

En réalité, le coût de la ligne dépassa de beaucoup celui que fixait ce premier devis. Non seulement des imprévus et une catastrophe dont nous parlerons plus loin, entraînèrent des dépenses supplémentaires; mais il fallut, pour unifier l'administration et le service, racheter le tronçon de ligne de Spiez à Frütigen, qui existait antérieurement et qui constituait l'amorce de la ligne; il fallut racheter également par voie de fusion, et toujours dans le même but d'unification, les lignes de chemin de fer et les lignes de navigation du Lac de Thoune, auquel on sait qu'aboutit la ligne du Loetschberg; enfin il fallut aussi y ajouter les frais de construction du raccourci Moutiers-Longeau, qui, bien que situé près de la frontière française et fort loin de la ligne du Loetschberg, en formait un complément au point de vue des transports internationaux.

Finalement, dans le dernier bilan qu'a publié la société qui est à la tête de l'entreprise — la Compagnie du Chemin de fer des Alpes Bernoises — bilan arrêté au 31 décembre 1912, c'est-à-dire, à la veille de la mise en exploitation de la ligne complète, le compte de construction de la ligne Frütigen-Brigue — construction et matériel roulant — s'élevait à 106 176 274,33 fr. et celui du tronçon Spiez-Frütigen, à 3 842 357,57 fr. Mais, à ce dernier poste, il fallait encore ajouter 2 548 875,74 fr. pour reconstruction et électrification de ce tronçon et 11 751,74 fr. de travaux inachevés. Puis, il restait encore un compte de dépenses à amortir pour Frütigen-Brigue, de 6 912 660 fr. Bref, le coût total du premier établissement de la ligne proprement dite du Loetschberg s'élève, en chiffres ronds, à 131 millions de francs.

Au passif du même bilan, nous voyons que le capital social de la Compagnie s'élève à 60 600 000 fr., dont

27 280 000 fr. d'actions ordinaires et 33 320008 fr. d'actions privilégiées. Mais, il y a, à côté de cela, un capital obligations de 94 800 000 fr., dont 52 800 000 fr. en emprunts hypothécaires de premier rang et 42 millions de second rang, ce dernier ayant été voté le 10 juillet 1912.

Enfin, il y a encore une subvention fédérale de 5 millions de francs, mais qui, étant à fonds perdus, ne figure au bilan que pour mémoire.

A titre documentaire et comme point de comparaison, notons que la ligne du St-Gothard, qui a beaucoup d'analogie avec le Loetschberg, mais qui avait été construite de 1876 à 1883, avait coûté 187 millions, à simple voie, le grand tunnel entrant dans cette somme pour 63 millions. Mais il faut ajouter à cela une somme de 38 millions que les chemins de fer fédéraux viennent tout récemment de voter pour l'électrification de cette ligne, reconnaissant ainsi la supériorité de la traction électrique inaugurée au Loetschberg.

B. — **Conséquences économiques de l'ouverture du chemin de fer du Loetschberg**

1° *Pour le transit par les chemins de fer belges*

Marchandises. — Maintenant qu'on sait ce qu'est cette ligne du Loetschberg et les raisons qui ont amené sa construction, ainsi que les principales péripéties qui en ont accompagné et entravé longtemps la réalisation, nous pourrons aborder la partie économique de notre étude, c'est-à-dire, examiner quelles sont les conséquences, au point de vue du trafic international, de l'entrée en ligne du chemin de fer du Loetschberg.

Toutefois, pour ne pas trop nous étendre, nous bornerons cet examen à ce qui concerne plus spécialement notre pays et le transit par nos voies ferrées.

A ce dernier point de vue, l'une des questions qui nous touchent le plus, est celle des transports venant du grand port de Londres, véritable entrepôt mondial des produits d'outre-mer, et dirigés sur Milan et Gênes, points de passage ou de départ des exportations vers l'Orient.

C'est entre ces points extrêmes que nous allons

Fig. 3. — Carte figurative des lignes du Loetschberg et du Gothard et des voies que l'on peut emprunter entre Londres et Milan.

rechercher et établir les distances kilométriques ou, plus exactement, les distances d'*application* (fig. 3).

Rappelons d'abord, que pour effectuer ce voyage Londres-Milan ou Gênes, l'on peut emprunter plusieurs voies :

1° Aborder sur le continent *par l'un des ports français* voisins de la côte anglaise, c'est-à-dire Dunkerke,

Calais, Dieppe ou Boulogne, emprunter exclusivement les voies ferrées françaises et sortir de France par Delle ou par Frasnes-Vallorbe, traverser la Suisse et arriver en Italie par le Gothard ou le Loetschberg, ou bien sortir de France par Modane et le Mont-Cenis.

2° Aborder sur le continent *en port belge*, Zeebrugge, Ostende ou Anvers, suivre notre grande voie Bruxelles-Luxembourg, entrer en Suisse par les lignes allemandes d'Alsace-Lorraine et en sortir, soit par le St-Gothard, soit par le Loetschberg.

3° Ou, enfin, aborder encore *en port belge*, utiliser la ligne du Luxembourg jusque Lamorteau et Écouvier, puis *passer sur le réseau de l'Est français* et entrer en Suisse comme ci-dessus. C'est ce qu'on appelle la voie *mixte belge-française*.

Notons encore que, pour établir les distances en ce qui concerne les trajets continentaux, nous avons pris les chiffres dits « d'application » que nous a renseignés l'Administration des chemins de fer de l'État belge, avec application de la convention dite du Saint-Gothard.

Pour ce qui est des distances maritimes, nous avons pris celles que nous croyons généralement admises et qu'adopte du reste, dans son étude sur le percement du Ballon d'Alsace, M. le Président de la Chambre de Commerce de Belfort.

Ces distances maritimes sont les suivantes :

Londres-Calais	Maritime	= 168	kilom.
»	Ostende Bassins	= 225	»
»	Anvers Bassins	= 371	»

Si nous classons par ordre de moindre distance ces diverses voies, voici à quels résultats nous arrivons :

Tableau I

Londres à Milan

I. Voies les plus courtes et pouvant être admises à parité :

A) *Port d'abordage français* et *voie exclusivement française :*

1° Par Calais, le Nord et l'Est français, via Vallorbe, Lausanne, le Loetschberg et le Simplon (1122 + 168 kilom.)	1290	kilom.
2° Même voie et sortie de France par Delle, Berne et le Loetschberg (1137 + 168 kilom.)	1305	»

B) *Port d'abordage belge :*

3° Zeebrugge ou Ostende, réseau belge, l'Alsace-Lorraine et le Gothard (1087 + 225 kilom.)	1312	»
4° Zeebrugge ou Ostende, réseau belge, voie mixte belge-française, Delle et Loetschberg (1102 + 225 kilom.)	1327	»

II. Voies plus longues de 60 à 100 kilom. que la plus courte trouvée ci-dessus.

5° Zeebrugge ou Ostende, réseau belge, Lamorteau, Delle, Chiasso et Gothard (1141-225 kilom.)	1366	»
6° Anvers, réseau belge, Alsace-Lorraine et Gothard (1017 + 371 kilom.)	1388	»
7° Calais, voies françaises, Modane et Mont Cenis (1226 + 168 kilom.)	1394	»
8° Anvers et voie mixte belge-française, avec sortie par Delle et le Loetschberg	1404	»
9° Anvers, voie belge, Alsace-Lorraine et Loetschberg . . .	1412	»

Tableau II

Londres à Gênes

I. Voies les plus courtes et pouvant être admises à parité :

A) *Port d'abordage français* et *voie exclusivement française :*

1° Via Modane et Mont Cenis (1241 + 168 kilom.)	1409	»
2° Via Modane et Loetschberg, Iselle (Simplon 1246 + 168 Km.)	1414	»

B) *Port d'abordage belge (Ostende) :*

3° Ostende, Lamorteau, Delle, Loetschberg et Iselle (Simplon) (1211 + 225 kilom.)	1436	»
4° Ostende, Sterpenich, Bâle, Pino (Gothard) (1221 + 225 Km.)	1446	»

II. Voies sensiblement plus longues que les précédentes :

5° Anvers, Lamorteau, Delle, Loetschberg et Iselle (1142 + 371 kilom.).	1513	»
6° Anvers, Sterpenich, Bâle, Pino (Gothard) (1151 + 371 kilom.)	1522	»
7° Anvers, Lamorteau, Delle, Pino (Gothard) (1205 + 371 Km.)	1576	»

Il ressort de ces deux tableaux :

1° Que, pour les transports venant de Londres et à destination de Milan ou de Gênes, c'est l'abordage en port français et transport par voie exclusivement française et le Loetschberg, qui présente la plus courte distance, du moins, *au point de vue absolu* (1290 et 1305 Km. pour Milan et 1409 et 1414 Km. pour Gênes).

2° Que ces données sont serrées de très près, en ce qui concerne Milan, par l'abordage sur le continent au port belge d'Ostende ou de Zeebrugge, et utilisation de notre réseau belge; que l'on dirige, à partir de notre frontière, le transport par l'Alsace-Lorraine et le Gothard (1312 Km., soit seulement 7 Km. en plus), ou par l'Est français et le Loetschberg (1327 Km., soit 22 Km. en plus).

Mais, pour Gênes, l'écart augmente sensiblement entre ces diverses voies, puisque la distance par abordage en port belge, réseau belge, Lamorteau et Loetschberg, monte à 1436 et 1446 km., soit 22 et 32 km. en plus que par la voie exclusivement française.

3° Enfin, que l'abordage continental à Anvers donne des écarts plus sensibles encore avec la voie exclusivement française, puisque les différences avec cette voie sont d'au moins une centaine de kilomètres.

Mais il importe de remarquer que les écarts renseignés ci-dessus pour les distances totales, proviennent surtout des différences de longueur des trajets maritimes, différences qui, pour les parcours considérés, sont fort importantes. C'est ainsi que l'on voit, d'après nos chiffres, que la distance Londres-Ostende est plus considérable de 57 km. que celle de Londres-Calais ; et celle de Londres-Anvers l'emporte de près de 200 km. sur cette même distance Londres-Calais.

Les parcours continentaux, c'est-à-dire ceux qui s'effectuent par chemin de fer, sont, au contraire, sensiblement plus courts, si, de Londres, on aborde au port belge d'Ostende, de Zeebrugge ou d'Anvers, et si l'on utilise le réseau belge, la voie d'Alsace-Lorraine et le Gothard.

En effet, la distance Ostende-Milan, par cette voie, n'est que de 1087 km., et celle d'Anvers-Milan, de 1017 km. par le Gothard, alors que, de Calais et par Vallorbe-Iselle, elle est de 1122 km., soit 35 et 105 km. en plus ; et, elle monte à 1137 km., si l'on dirige le transport par le Loetschberg, soit 50 km. en plus.

Pour Gênes cependant, l'écart diminue. Il n'est plus que d'une dizaine de kilomètres entre la voie d'Ostende et celle de Calais et d'une quinzaine de kilomètres, si, de Calais, l'on prend la voie du Loetschberg-Iselle.

Or, il ne faut pas perdre de vue, qu'en règle générale, le transport par fer coûte sensiblement plus cher que le transport par eau, tandis que le fret par navire est loin de toujours s'élever proportionnellement aux distances kilométriques.

D'où cette conclusion : On peut considérer comme arrivant à parité, au point de vue du prix de transport, pour les marchandises de Londres à Milan ou Gênes, la voie des ports et chemins français d'une part et la voie des ports belges avec utilisation du réseau belge, que l'on continue ensuite soit par l'Alsace-

Lorraine et le Gothard soit par la voie mixte française et le Loetschberg.

En d'autres termes, et pour conclure, l'ouverture du Loetschberg, qui, comme on vient de le voir, intéresse tout particulièrement la Belgique, ne semble pas menacer, pour le présent du moins, notre transit international, surtout, et ceci a aussi sa grande importance, en présence des ententes intervenues entre les diverses administrations de chemins de fer qui y sont intéressées.

Au contraire, cette nouvelle voie, comme on l'a vu, crée une concurrence sérieuse à la voie du St-Gothard qui, pendant si longtemps a détenu le monopole de la plus courte distance des pays Nord-Ouset de l'Europe vers l'Italie, monopole dont elle a largement profité pour maintenir des prix élevés. Et, comme toujours, quand il y a concurrence entre deux lignes, le résultat final est d'amener des prix plus favorables dont profite le public et dont nos industriels et négociants belges sont appelés à profiter particulièrement.

Voyageurs. — Il doit être bien entendu que les considérations qui précèdent s'appliquent plus spécialement au transport des marchandises.

Car, dès qu'il s'agit du transport de personnes, le voyageur, pour choisir la voie à suivre, met en ligne de compte, non seulement la question de prix du voyage, mais aussi la question de temps. Il y a enfin cette considération qui, pour beaucoup, disons même pour la grosse majorité, a une réelle importance, à savoir, la traversée en mer et sa durée. Quiconque est sujet au mal de mer, sera évidemment enclin à choisir la traversée la plus courte.

C'est pour mettre en regard ces diverses considérations que nous avons dressé le tableau (p. 196) pour le voyage Londres-Milan, en 1re classe aller et retour, en classant les différentes voies en raison directe du

VOIE SUIVIE	Longueur en milles marins de la traversée	Durée de la traversée	PRIX			DURÉE DU VOYAGE	
			Londres Bruxelles	Bruxelles Milan	Total	Londres-Brux. et Brux.-Milan	Total
Via Harwich-Anvers, voie mixte et Loetschberg	150	11 h^re s	60.70	185.60	246.30	15 + 22 1/2 h.	37 1/2 h.
Même voie et le Gothard	150	11 h^re	60.70	195.75	256.45	15 + 22 h.	37 h.
Via Douvres-Ostende, voie mixte et Loetschberg	62	3 h^res	84.90	185.60	270.50	8 1/2 + 22 1/2 h.	31 h.
Via Douvres-Calais	22	1 1/2 h.	par Loetschberg ou par Gothard		272.50	6 + 24 h.	30 h.
Via Boulogne-Folkestone Gothard ou Loetschberg	25	2 h^res					
Via Douvres-Ostende-Alsace-Lorraine et Gothard	62	3 h^res	84.90	195.75	280.65	8 1/2 + 22 h.	30 1/2 h.

moindre prix. Remarquons que ce prix est presqu'en raison inverse de la durée de traversée.

Il résulte de ce tableau que c'est la voie Anvers-Harwich qui détient les plus bas prix, que l'on passe ensuite par le Lœtschberg (fr. 246.30) ou par le Gothard (fr. 256.45). Mais c'est aussi la voie qui présente de beaucoup la plus longue traversée ; et c'est sans aucun doute cette raison qui motive le bas prix du voyage Londres-Bruxelles, lequel influe fortement sur le prix total Londres-Milan.

A mesure que la durée de traversée diminue, le prix Londres-Bruxelles augmente. Celui-ci l'emporte de 5 à 10 % sur le prix de la voie par Anvers-Harwich. Toutefois, les voies par Douvres-Ostende, Douvres-Calais et Boulogne-Folkestone (fr. 270 et 272.50) arrivent à parité (à 2 fr. près), que l'on passe ensuite par le Gothard et le Loetschberg.

Le prix le plus élevé (fr. 280.65) est détenu par la voie Douvres-Ostende, Alsace-Lorraine et Gothard, et ici, la différence est sérieuse, puisqu'elle l'emporte de fr. 24 et 34, soit de 10 à 15 % sur la voie la moins chère.

C. — Projets de lignes pouvant modifier la situation actuelle du transit belge

Tout ce que nous venons de dire des conséquences économiques, pour notre pays, de l'ouverture de la ligne du Loetschberg concerne, il ne faut pas l'oublier, la situation présente.

Toutefois, il ne faudrait pas s'endormir en Belgique dans une sécurité trompeuse. La situation actuelle peut être changée, à notre détriment, par certaines modifications au tracé des lignes françaises et suisses existantes et accentuer encore plus fortement les avantages

que cet ensemble de lignes et le passage par le Loetschberg possèdent déjà, et qui ressort des chiffres que nous venons de produire.

C'est ainsi que nous avons vu que la Compagnie du chemin de fer des Alpes Bernoises qui a construit la ligne du Loetschberg, fait construire en ce moment le raccourci Grange-Moutiers situé en territoire suisse et qui diminuerait de quelques kilomètres la distance Londres-Milan par le Loetschberg (1).

D'autre part, dans l'Est de la France, l'on mène une campagne énergique pour le percement du Ballon d'Alsace, qui sépare les camps retranchés d'Épinal et de Belfort. Ce travail qui raccourcirait d'environ 16 kilomètres la distance entre ces deux points situés sur la voie Londres-Milan, aurait de grandes chances d'être réalisé à brève échéance à cause de son importance stratégique.

Enfin, un autre travail — de proportion colossale, sans doute, mais dont il est question depuis bien longtemps — pourrait apporter à la situation une modification radicale et tout à l'avantage de la voie française et du Loetschberg : nous voulons parler du tunnel sous la Manche, qui relierait sans solution de continuité, et surtout sans parcours maritime, le réseau des

(1) D'après une information très autorisée, voici quelques détails sur l'état des travaux entrepris par la Compagnie du Chemin de fer des Alpes Bernoises :

« Le tunnel de Grange-Moutiers, dont la longueur est de 8565 mètres, était au 31 décembre 1913 percé sur 5725 mètres. Il reste donc à percer 2840 m. Pour le dernier mois, la galerie de base a avancé de 426 mètres. Dans huit mois, on peut espérer que les deux galeries se rejoindront. La voûte est déjà terminée sur 4051 mètres, soit près de la moitié du tunnel, et l'excavation est complète sur 4780 mètres.

» C'est dire combien le travail se poursuit activement. C'est, d'ailleurs, en décembre dernier que les travaux ont été le plus activement poussés, car on a réalisé certains jours les chiffres de 14 m. 10 comme avancement, ce qui constitue un record. » (Circulaire de la Banque mancéienne, 10 janvier 1914).

chemins de fer anglais, avec celui des chemins de fer français.

La réalisation de ce projet assurerait incontestablement le triomphe définitif de la voie exclusivement française et du Loetschberg, pour les transports Londres-Milan, et cela aussi bien pour les marchandises que pour les voyageurs.

Or, il ne faut pas rejeter si loin cette éventualité. L'idée de relier l'Angleterre à la France par un tunnel sous-marin qui, pour des motifs de défense nationale avait été pendant longtemps très antipathique au peuple anglais, a fait un pas considérable depuis la déclaration de « l'Entente cordiale ». De nombreuses conférences, données aussi bien par des hommes d'État anglais que par des Ingénieurs français, ont lieu en ce moment en Angleterre (1).

On sait enfin que des galeries d'essai, percées dans l'axe présumé du tunnel, ont été commencées dès 1881, du côté de la rive anglaise, où la Compagnie des chemins de fer du South Easthern avait creusé en toute sécurité une galerie s'avançant sous la mer à une distance de un mille et demi.

Ce travail, qui a démontré la possibilité au point de vue technique, d'exécuter le tunnel sous la Manche, a été interrompu, en 1883, sur l'ordre du Gouvernement anglais. Mais, il paraîtrait qu'actuellement, celui-ci, mieux informé sur les conséquences de l'établissement d'une voie ferrée sous-marine entre l'Angleterre et la France, serait disposé à autoriser la reprise des travaux.

En somme, il ne faut pas se dissimuler qu'il y a là

(1) Le 22 novembre dernier notamment, a été tenue à Londres, « au Club de l'Entente cordiale » une importante réunion, dans laquelle M. le Baron Erlanger, Président de la compagnie du tunnel sous la Manche, a vivement préconisé le percement du tunnel. D'autres réunions, ayant le même but, ont encore eu lieu depuis.

une sérieuse menace pour notre transit par nos ports et nos chemins de fer belges. Toutefois le péril — tout en restant l'objet de nos préoccupations — ne peut pas être regardé comme imminent.

2° *Pour le transit par les lignes françaises*

Mais si, actuellement, la Belgique ne perd rien — au contraire — à l'ouverture du Loetschberg, les compagnies françaises de chemin de fer, nous l'avons vu, ont tout à y gagner. En effet, depuis le percement du St-Gothard, ces compagnies avaient perdu une partie des transports internationaux entre le N.-O. de l'Europe et l'Italie, ceux-ci s'effectuant par les lignes allemandes de l'Alsace-Lorraine. La compagnie de l'Est et aussi la compagnie du Nord sont appelées à bénéficier spécialement de l'ouverture de la ligne du Loetschberg (1).

C'est ce qui a fait dire, avec un semblant de raison, à un homme d'État français, que « si le Gothard avait fait perdre un milliard à la France — milliard empoché en grande partie par les Allemands — le Loetschberg le leur rendrait ».

3° *Pour les autres pays d'Europe*

Nous avons dit en commençant, que l'ouverture du chemin de fer du Loetschberg intéressait tout un secteur considérable du Nord-Ouest de l'Europe.

En effet, ce ne sont pas seulement les transports arrivant d'Angleterre, par les ports français ou belges de la Manche, qu'il y a à considérer.

Si l'on jette un coup d'œil sur la carte d'Europe

(1) Les recettes de la compagnie de l'Est accusent déjà pour les 10 premiers mois de l'année 1913, une augmentation de plus de 10 1/2 millions, provenant surtout des derniers mois (ouverture de la ligne du Loetschberg).

(fig. 4), on s'aperçoit bien vite qu'une immense région triangulaire, ayant pour base la ligne sinueuse délimitée par les ports de Calais, Ostende, Anvers, Rotterdam, Amsterdam, Brême et Hambourg se trouve également dans la zone d'influence du Loetschberg, pour les transports vers l'Italie. En effet, à partir de leur entrée en Suisse, ces transports ont maintenant

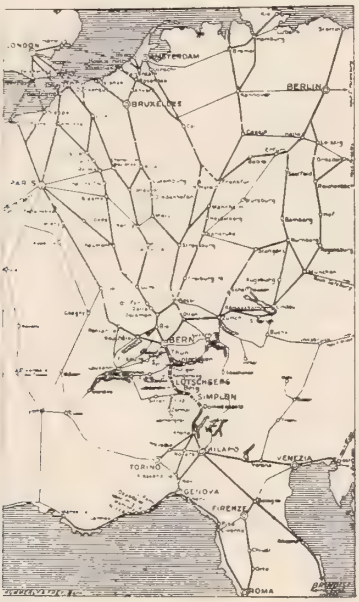

Fig. 4. — Carte synoptique
de la zone de trafic du chemin de fer du Loetschberg

deux voies de transit, l'une par le Loetschberg, l'autre par le Saint-Gothard, au lieu de se trouver, comme auparavant, sous le quasi-monopole du St-Gothard.

Naturellement, les bienfaisants effets de cette concurrence entre les deux voies, se feront également sentir pour les pays englobés dans ce secteur et cela, d'une façon plus ou moins sensible, suivant la situation du point considéré.

Mais, nous l'avons déjà dit, pour ne pas trop nous étendre, nous nous en tiendrons aux considérations exposées ci-dessus.

CHAPITRE II

RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES

Tracé et profil de la ligne. — Le grand tunnel. — Construction de la ligne. — Production et transport de l'énergie électrique. — Traction électrique.

§ 1. — TRACÉ ET PROFIL DE LA LIGNE

Pour donner une idée claire, mais un peu simpliste de son tracé, disons que, dans son ensemble, la ligne complète du Loetschberg ressemble, *en projection horizontale*, à une immense équerre, dont le grand bras, partant de Spiez, se dirige presque Nord-Sud sur la vallée du Rhône et, arrivé là, se replie à angle droit pour se diriger, Est-Sud-Est, vers Brigue.

Comme profil, ce même chemin de fer correspond assez exactement à la ligne d'arête d'une colline, à deux versants faiblement inclinés et dont le tunnel formerait le plateau de sommet (fig. 5).

En effet, de Spiez à Frütigen, la rampe n'est que de 15 ‰. Mais à partir de Frütigen, la ligne commence à escalader la montagne en rampe plus forte (27 ‰) et arrive ainsi au grand tunnel de faîte, à l'intérieur duquel la rampe, continuant le versant Nord, n'est plus que de 7 ‰, et la pente vers le versant Sud et la vallée du Rhône, que de 3 1/2 ‰. On comprend que ces rampes et ces pentes, à l'intérieur du tunnel, n'ont d'autre but que de faciliter l'écoulement des eaux. A partir de l'orifice Sud du tunnel et jusque Brigue, la voie descend avec une pente de 27‰, puis

successivement de 24 et 21 ‰ et suit la vallée du Rhône, en se collant au flanc de la chaîne Alpine.

Sur son parcours Nord, et plus exactement à partir de Frütigen, la voie emprunte la vallée de la Kander qu'elle traverse plusieurs fois et, souvent, par des travaux d'art considérables. A un moment donné, près

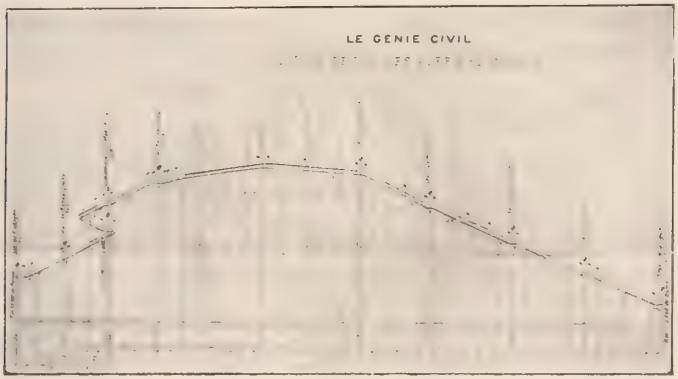

Fig. 5. — Profil de la ligne du Loetschberg

de la gare actuelle de Blausée-Mitholz (pl. I, fig. 3 et pl. II, fig. 4), elle se replie trois fois sur elle-même, au moyen de deux tunnels hélicoïdaux, l'un de 1655 mètres, l'autre de 1536 mètres de longueur, tout cela pour regagner 250 mètres de hauteur, sur un espace restreint.

§ 2. — LE GRAND TUNNEL ET SA CONSTRUCTION

Le tunnel placé, avons-nous dit, au sommet de la ligne, ne débouche pas immédiatement dans la vallée du Rhône, mais dans la profonde déchirure de la Loetschenthal, au fond de laquelle coule le torrent de « La Lonza », affluent du Rhône (1). Pour atteindre le

(1) Cette dernière partie de la ligne du Loetschberg a été particulièrement difficile à construire, à cause des avalanches qui sont fréquentes et redoutables en cet endroit. L'une de ces avalanches causa une véritable catastrophe

fleuve, le chemin de fer doit encore s'enfoncer dans l'une des masses rocheuses encaissant la Loetschenthal, en un tunnel de 1340 mètres de longueur, dans lequel la voie se replie à angle droit, pour prendre définitivement la direction générale de la vallée du Rhône et atteindre Brigue.

Remarquons qu'à son débouché dans cette vallée, le niveau du rail est encore à 540 mètres au-dessus de celui du fleuve. Nous laissons à penser quel merveilleux panorama se déroule alors aux yeux du voyageur ! Toutefois, par suite de cette grande différence de niveau, la ligne du Loetschberg, bien qu'elle ne débouche qu'à une portée de fusil de celle du Jura-Simplon, parcourant la vallée du Rhône, doit encore continuer pendant une vingtaine de kilomètres avant d'opérer sa jonction avec celle-ci, à Brigue.

Spiez, point de départ de la ligne, est à la cote 631 ; le portail Nord du tunnel, à la cote 1200 ; son sommet, — qui est à peu près au milieu — à la cote 1244. Le portail Sud est à la cote 1223 ; et le terminus, à Brigue, à la cote 681.

Le grand tunnel — que l'on appelle improprement tunnel du Loetschberg, car il n'existe pas de montagne du Loetschberg ou Loetschen Berg — est creusé en réalité en dessous de la Loetschen Pass ou Col de la Loetschen, existant entre le Balmhorn et le Hockenhorn.

D'après le projet primitif, ce tunnel devait être creusé en ligne droite d'un bout à l'autre et suivant une direction sensiblement Nord-Sud.

En réalité, il ne présente cette direction que sur

le 29 février 1908, engloutissant sous la masse plusieurs bâtiments de l'entreprise, dans le village de Goppenstein, et, notamment l'hôtel où 30 personnes étaient en train de dîner. Douze de ces personnes y trouvèrent la mort.

C'est pour éviter les dangers des avalanches que la ligne pénètre en tunnel dans la vallée du Rhône et y effectue son changement de direction parallèlement à cette vallée.

1600 mètres environ, du côté Nord, et sur 4 kilomètres du côté Sud, toute la partie centrale étant en déviation sur cette direction générale (fig. 6).

Un événement brutal, absolument imprévu, fut la cause de cette modification au tracé primitif.

Catastrophe du 24 juillet 1908. — Le 24 juillet 1908 — un an et demi environ après le commencement des travaux — et, alors qu'ayant attaqué la montagne des deux côtés opposés, Nord et Sud, l'on était arrivé, du côté Nord, à une longueur de galerie de 2675 mètres, celle-ci vint trouer une grande cassure, en communication avec le lit de la

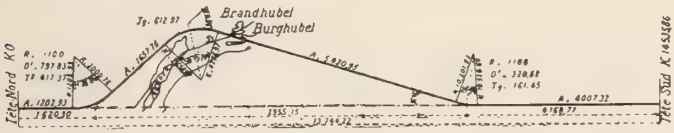

Fig. 6. — Projection horizontale du grand tunnel avec sa déviation

Kander, la rivière torrentueuse dont en avons parlé et en dessous de laquelle on passait en ce moment. Une trombe d'eau et de graviers s'échappant de la cassure fit soudainement irruption dans le tunnel, comblant en un instant 1200 mètres de galerie et ensevelissant sous sa masse colossale les 25 ouvriers qui y travaillaient (pl. II, fig. 5).

On avait pourtant pris toutes les précautions que la prudence imposait pour traverser ce dangereux passage. De nombreux sondages avaient été faits, qui indiquaient que la zone dangereuse, au passage de la Kander, ne devait pas dépasser une centaine de mètres en dessous du lit de la rivière. Or, le tunnel passant à 180 m. en dessous de ce lit, on devait se croire à l'abri de tout danger. L'évènement prouva le contraire. Sans doute, la fatalité avait-elle voulu que

cette cassure n'eût point été rencontrée par les sondages (fig. 7).

Ce fut un coup terrible pour l'entreprise. Car, outre la perte considérable d'argent, l'on était complètement dérouté, au point de vue technique.

Mais l'indomptable énergie des hommes qui dirigeaient l'entreprise ne se laissa pas abattre par la catastrophe. On fit de nouveaux sondages. Et quand l'on eut reconnu l'impossibilité de vider la partie de galerie envahie et de continuer le tunnel dans la direction primitive, on fit dévier la direction dans le sens

Fig. 7. — Schéma de la catastrophe du 28 juillet 1908

de l'aval de la Kander, de façon, cette fois, à éviter tout danger. Cette déviation, qui s'étend sur plus de 8 km., a allongé d'environ 800 m. le tracé primitif du tunnel, qui de 13 km. 735 de longueur prévue, se trouva porté à 14 km. 536, longueur actuelle.

Avant de reprendre le percement, on avait fait, à la limite de la partie envahie, un serrement en maçon-

nerie de dix mètres d'épaisseur, de façon à isoler entièrement cette partie.

La communication établie le 31 mars 1911. — Par opposition à ce tableau attristant, laissons maintenant raconter par M. l'Ingénieur Rothplez, qui dirigeait les travaux de la galerie Nord, les moments émotionnants où s'opéra la jonction de cette partie avec la galerie Sud, dirigée par M. l'Ingénieur Moreau. Ces deux galeries étaient évidemment dirigées de façon à se rencontrer à un point de jonction, sans erreur de direction ni de niveau.

« L'on était au 31 mars 1911, raconte M. Rothplez, c'est-à-dire, environ quatre ans depuis le commencement des travaux.

» Dans les derniers temps, nous avions journellement affiché, à l'orifice de chaque galerie nord et sud, combien, d'après nos calculs, il restait encore de mètres à percer pour opérer la jonction, ceci pour stimuler les travailleurs. L'expérience nous démontra, qu'en cela, nous avions eu tort.

» En effet, à l'approche du point présumé de rencontre, une agitation fiévreuse se manifesta parmi les ouvriers employés au percement : et cette agitation augmentait au fur et à mesure que diminuait l'épaisseur de pierre restant à percer. Chaque équipe calculait et cherchait à s'arranger de façon à ce que, soit en forçant, soit en diminuant son travail d'avancement pendant son poste, la rencontre eût lieu lorsqu'elle serait de service.

» Des ouvriers, cette émulation jalouse gagna les ingénieurs. Et, lorsque l'on afficha qu'il ne restait plus que 13 m. à percer — c'est-à-dire l'avancement moyen d'une journée de travail — l'agitation fut à son comble.

» Mais, en même temps, commençaient les appréhensions. « Si M. Baschlein (l'Ingénieur chargé des opérations géodésiques et qui donnait les directions

et inclinaisons à suivre), s'était trompé ? » pensait-on. Et M. Baschlein, lui-même, avouait que, dans un pareil travail, des erreurs étaient possibles, malgré tous les soins apportés aux opérations.

» Le poste de la Galerie Nord — celui où je me trouvais — et qui devait, selon les prévisions « retrouver » suivant l'expression consacrée, avait fait sauter les mines que l'on croyait devoir établir la communication et la communication n'était pas faite.

» A ce moment, continue M. Rothplez, je m'assis découragé. Je fis exécuter un trou de sonde de 4 m. de longueur. Rien ! Il restait en pleine roche. L'on fait sauter une nouvelle série de trous de mines, qui n'amènent aucun résultat.

» Désespéré, je m'étais retiré à l'écart, en proie aux plus sombres pensées, quand tout à coup, j'entends des voix joyeuses : Percé ! crie-t-on à toute voix ! L'on a percé !

» Inutile, n'est-ce pas, de dépeindre la joie et l'émotion qui s'empara de moi. Mon cœur se dilatait à rompre ma poitrine ; j'eus voulu pleurer et je ne le pouvais pas.

» Quelques instants après, à travers la brèche qui venait d'être pratiquée, l'Ingénieur en chef Moreau, venu par la Galerie Sud, me tendait quelques fleurs. Ce sont les plus précieuses que je reçus de ma vie. Puis, M. Moreau, quoique doué d'un assez fort embonpoint, se glissait, comme un chat, à travers l'étroite ouverture et nous tombions dans les bras l'un de l'autre (pl. III, fig. 6).

» A partir de ce moment, ce fut une sarabande de passages à travers la brèche, tout le monde voulant être des premiers à traverser l'ouverture, le tout accompagné de cris de joie et, finalement, de larges rasades de Champagne, que ma confiante épouse qui ne dou-

tait pas, elle, du succès, avait apporté en prévision de l'évènement. »

Ajoutons à cet émouvant récit que la précision des opérations géodésiques avait été telle, qu'en réalité le manque de coïncidence d'axe en une des deux galeries n'était, au point de rencontre, que de 25 centimètres en direction et de 41 centimètres en hauteur, ce qui équivaut à la précision mathématique, étant données les difficultés de pareille mensuration.

Le lendemain de ce jour mémorable, tout Kandersteg (la contrée la plus voisine) était en fête. Un *Te Deum* solennel y fut chanté, en présence de toutes les autorités accourues en grande hâte pour cette circonstance.

Section du grand tunnel. Quant à la forme intérieure du tunnel, sa section est un plein cintre de

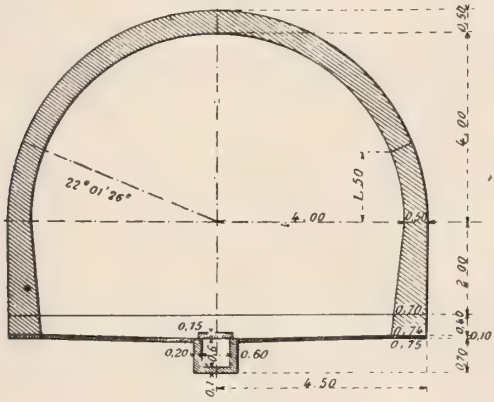

Fig. 8. — Section du grand tunnel

4,10 m. de rayon, s'appuyant sur des pieds droits de 2,20 m. de hauteur et rentrant un peu vers la base, ce qui donne à l'intérieur et au pied des maçonneries de 0,50 m. d'épaisseur, une largeur totale de 8,00 m. et une hauteur sous voûte de 6,30 m. (fig. 8 ; pl. IV, fig. 8 et 9 et pl. V, fig. 10).

Un détail qui a sa valeur au point de vue de l'importance du service des déblais : Le cube de pierre abattue à enlever, par mètre courant de tunnel, était, d'après ceci, de 55 à 58 mètres cubes pour chaque galerie. Ce qui donne, pour les deux chantiers, une masse de 600 à 1000 mètres cubes, suivant l'avancement plus ou moins grand, à transporter par 24 heures (pl. III, fig. 7).

Durée comparative du percement du tunnel. — Ce merveilleux travail d'art a été exécuté en 1492 journées de travail, réparties sur une durée totale d'environ 4 1/2 années, temps dans lequel est compris l'arrêt de six mois, causé à la galerie Nord par la catastrophe de 1908, ainsi que par la perte de 1200 m. de galerie.

L'avancement moyen journalier a été, pour l'ensemble des deux galeries Nord et Sud, de $10^{m},68$. Certains jours, la galerie Sud a même eu, à elle seule, un avancement de $13^{m},20$ par 24 heures. Mais c'est là un chiffre exceptionnel et obtenu dans des terrains faciles à creuser (1).

Comme point de comparaison, disons que le percement du tunnel du Saint-Gothard qui n'a, en réalité, qu'environ 400 mètres de longueur de plus que celui du Loetschberg et a été exécuté à simple voie, de 1873 à 1881, a duré environ huit années, soit près du double de temps que pour le Loetschberg. L'avancement moyen journalier n'y avait été que de $5^{m},60$ par jour de travail.

D'autre part, le tunnel du Simplon, qui a 19 1/2 kilomètres de longueur, soit, en chiffres ronds, cinq kilomètres de plus que celui du Loetschberg, a été exécuté à voie simple en six années et demie, soit donc à peu près dans les conditions du Loetschberg, si aucune cata-

(1) M. Mallet, Ingénieur à Paris : Chronique du BULLETIN de juillet 1913, de la Société des Ingénieurs civils de France.

strophe n'était venue retarder le percement de ce dernier (1).

Remarquons encore qu'au point de vue climatérique, le percement du Simplon s'est opéré dans des conditions plus favorables que celui du Loetschberg, ce dont on se rendra compte en examinant, dans le tableau suivant, les altitudes auxquelles furent réalisés ces grands travaux (nous avons joint à ceux-ci, dans le dit tableau, les indications des principaux tunnels européens, par ordre décroissant d'altitude) :

DÉSIGNATION DU TUNNEL	ALTITUDE	LONGUEUR
Loetschberg	1245 m.	14.635 m
Mont Cenis	1243 »	12 848 »
Saint-Gothard	1154 »	14.998 »
Albula	1125 »	?
Simplon	705 »	19 803 »
Aarlberg	?	10 240 »

§ 3. — CONSTRUCTION DE LA LIGNE

Voies de service

On comprend que pour mener de front et rapidement le creusement du tunnel des deux côtés de la montagne et établir simultanément les deux rampes d'accès, distantes l'une de l'autre, à leur origine, de 60 kilomètres, des voies provisoires de service étaient nécessaires pour assurer le transport des déblais et remblais, du matériel et des ouvriers.

C'est ce que l'on fit d'abord. Deux chemins de fer

(1) En octobre 1913 a été terminé le tunnel du Mont d'Or, entre la France et la Suisse. Le percement de ce tunnel, qui mesure 6099 mètres de longueur et qui avait été commencé le 20 novembre 1910, a donc été effectué en trois années.

à section réduite de $0^m,75$ d'écartement et courbes de 50 mètres furent installés, l'un, de Frutigen à l'orifice Nord du tunnel, l'autre, de Brigue jusqu'à son orifice Sud.

Étant donnés les difficultés et les bouleversements des contrées à traverser, l'installation de ces voies provisoires donna lieu à une sérieuse dépense. Un grand nombre de véritables travaux d'art, dont de nombreux ponts, quelques-uns de grande importance, comme celui de Schlossweide, qui eut près de 200 mètres de longueur, durent être construits. Or, à part les tunnels qui furent creusés dans le tracé des voies définitives, la plupart de ces travaux ne servirent absolument que pour la construction de la ligne (pl. V, fig. 11 ; pl. VI et pl. VII, fig. 12).

Un matériel roulant considérable était affecté à ces chemins de fer provisoires : Huit locomotives à vapeur et 300 wagons de toute espèce, assuraient les transports du matériel et des ouvriers. Pour le service spécial du tunnel, l'on employait en plus six locomotives à air comprimé, 260 wagons à déblais, 10 plates-formes et 30 wagons fermés, affectés au transport des ouvriers.

L'air comprimé, nécessaire aux locomotives et pour faire mouvoir les perforatrices des tunnels ou autres appareils (1), était fourni par cinq compresseurs mus par l'électricité. Cette force motrice de l'électricité était du reste employée d'une façon générale pour toute l'entreprise. Et d'importantes usines productrices d'électricité avaient dû être installées, dès le commencement des travaux, pour assurer tous les services.

(1) Pour les locomotives, l'air était comprimé à 120 kil., avec détendeur permettant l'admission aux cylindres à 20 kil. seulement, ceci, pour atténuer le refroidissement résultant de la détente. L'on rechauffait l'air par un serpentin à eau chaude.

Les pistons des perforatrices d'avancement avaient des sections de 100 m m et étaient montés à quatre par affût posé sur truc. Les perforatrices d'abattage n'avaient que des pistons de 70 m m et étaient montées sur colonne ou sur trépied, suivant les besoins.

Voies définitives

Les voies définitives, qui sont à écartement normal et avec pentes maxima de 27 ‰ et courbes maxima de 300 m., sont construites en rails de 42 kilom. par m. c^t et 12 m. de longueur. Ceux-ci sont du profil à double champignon, profil adopté également par les Chemins de Fer Alpestres Autrichiens. Les traverses sont très rapprochées ($0^m,50$ environ de centre à centre) à cause des fortes déclivités.

Sans entrer davantage dans les détails de superstructure de la voie proprement dite, et toujours dans le but de faire comprendre les difficultés de l'entreprise ainsi que les dépenses auxquelles elle a donné lieu, nous nous bornerons à énumérer globalement les travaux d'art que nécessita son établissement.

Rampe Nord. — La rampe Nord, d'une longueur de 20 km. 180, depuis Frutigen jusqu'au portail Nord du grand tunnel, ne comprend que 9 km. 600 en ligne droite. Tout le reste est en courbe, soit plus de la moitié de la longueur totale.

Deux kilomètres seulement sont en palier. Les 17 km. 410 autres, sont en rampe, généralement forte.

Cette rampe Nord comprend :

12 tunnels, dont deux hélicoïdaux, de plus d'un kilomètre et demi de longueur chacun.

11 ponts, d'une longueur totale, mis bout à bout, de 866 m. et dont l'un, le viaduc de la vallée de la Kander, sous les ruines de Tellenburg, a 246 m. de longueur ; un autre, celui de Rhonenwald, a une longueur de 76 m. ; un troisième, près de Sarengraben, entièrement métallique, a une travée de 70 m. de portée, etc.

Il y a, en plus, 80 petits travaux d'art.

Rampe Sud. — La rampe Sud, allant de Brigue au portail Sud du grand tunnel et qui présente, entre ces

points, une longueur totale de 25 1/2 kilom. n'a que 10 kilom. en ligne droite, tout le reste ou 15 1/2 kilom., étant en courbe.

Deux kilom. et demi seulement sont en palier ; tout le reste, en forte rampe.

Cette rampe comporte :

21 tunnels, d'une longueur totale de 7 km. 090.

11 grands travaux d'art, dont le viaduc de Lucgelkum, de 126 m. de longueur; celui de Biestchthal (fig. 16), de 146 m. de longueur totale, y compris une travée métallique en forme d'arcade de 95 m. d'ouverture et placée à 67 m. de hauteur au-dessus de la rivière qu'elle enjambe; le pont en fer de Baltscheider, de 105 m. de long, etc. etc.

Il y a, en plus, 109 petits travaux d'art.

Si nous récapitulons l'ensemble de ces travaux, nous arrivons au total formidable de 33 tunnels d'une longueur totale de plus de 25 kilom., 28 ponts et 185 petits travaux d'art.

Ce simple énoncé, tout en motivant suffisamment les dépenses considérables de l'entreprise, mettra en même temps en lumière le haut mérite technique de ceux qui l'exécutèrent, en un temps relativement court, malgré les contretemps dont nous avons parlé (pl. VII, fig. 15; pl. VIII) (1).

§ 4. — PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Usines productrices d'électricité (pl. IX, fig. 18). — Ainsi que nous l'avons déjà dit, toute la force motrice, tant celle qui fut nécessaire lors de la construction, que celle qu'exige actuellement l'exploitation du chemin

(1) Nous donnons, planches XV à XVIII, quelques vues des contrées que parcourt le chemin de fer du Loetschberg, et qui pourront donner une idée des difficultés que présentait son exécution.

de fer du Loetschberg, est produite par l'électricité. Ce qui s'explique tout naturellement par la profusion de chutes d'eau se trouvant à proximité de la ligne et dont on utilise la puissance dans des turbines.

Aux usines génératrices, cette électricité est produite sous forme de courant alternatif triphasé, à 15000 volts, 40 périodes pour l'usine de Spiez, desservant la rampe Nord ; et à 15 000 volts, 50 périodes pour l'usine de Gampel, fournissant l'énergie à la rampe Sud.

Il y a en plus, à Kandergrund, c'est-à-dire à proximité du grand tunnel, une puissante usine, fonctionnant sous 300 m. de chute d'eau et d'une force totale de 20 000 HP, capable d'assurer, à elle seule, le service de toute la ligne.

Cette usine renferme cinq génératrices de 4000 HP chacune, mues par des turbines Pelton, marchant à 300 tours par minute et consommant 1300 litres d'eau par seconde. De ces 5 génératrices, 3 produisent un courant alternatif monophasé, 15 000 volts, 15 périodes par seconde et servent à alimenter les locomotives de traction. Les deux autres fournissent un courant alternatif triphasé, 16 000 volts, 40 périodes; elles servent à l'éclairage et donnent la force motrice aux diverses usines.

Des transformateurs sont placés en divers points, là où ils sont nécessaires.

Nous donnons ci-dessous quelques chiffres relatifs à l'une des usines, celle de Spiez.

Cette usine fonctionne sous 64 m. de chute d'eau, possède deux groupes comprenant chacune une turbine Francis, accouplée directement à un alternateur monophasé (1).

(1) Voir : Thormann, Ingénieur-Conseil de la Compagnie des Alpes Bernoises, *La traction électrique sur la ligne d'essai de Spiez-Frutigen* (mai 1911), pour tous ces renseignements.

Puissance normale de chaque turbine	=	3200 HP
» maxima » »	=	3850 »
Nombre de tours par minute	=	300 »

Puissance normale de l'alternateur :

» » à cos φ = 0,7	=	2500 KV.A
» » à cos φ = 1,0	=	2500 KV.
» maxima à cos φ = 0,7 et avec 50 % de surcharge	=	3750 KV.A

Les turbines sont à axe horizontal, accouplement direct, 3 paliers. Elles possèdent un régulateur de vitesse à servo-moteur, ouvrant les aubes directrices, qui tendent à se fermer sous l'action de ressorts. Ce servo-moteur, qui est à huile sous pression, agit en outre sur un régulateur de pression combiné pour diriger toute la veine liquide hors de la roue, en cas de décharge soudaine de la turbine, la vitesse ne dépassant pas alors 10 % de la normale. Le moment de giration de l'alternateur est de 70 000 kgm².

Les alternateurs sont, conformément au nombre de tours et de périodes, hexapolaires, avec excitation au bout de l'arbre.

L'induit donne directement 15 16 000 volts.

Comme appareils de protection de machines, il y a outre les interrupteurs automatiques à maxima ordinaires sur chaque pôle :

Un déchargeur continu à eau, contre les tensions statiques :

Une batterie de condensateurs, avec bobine de self, contre les décharges atmosphériques ;

Deux soupapes électriques contre les surtensions.

Les deux groupes peuvent travailler ensemble ou séparément sur les rails généraux.

Lignes de contact. — Le contact des appareils de traction avec la ligne conductrice d'électricité se fait au moyen d'archets de $1^m,20$ de largeur maxima, la ligne de contact se trouvant à $6^m,50$ du sommet du rail dans les voies à découvert ; et à $4^m,80$ minimum dans les tunnels, sous les passerelles, etc.

La ligne de contact se compose des parties suivantes (pl. IX, fig. 19 ; pl. X, fig. 21) :

1° les fils de contact avec leurs supports,

2° la conduite de retour par les rails,

3° les lignes d'alimentation et de sectionnement,

4° les installations de couplage.

1° *Fils de contact.* Celui-ci est en cuivre de $100^m/_{m^2}$ de section en pleine voie et de $55^m/_{m^2}$ pour les voies de manœuvre des stations.

2° *Ligne d'alimentation.* Celle-ci est en cuivre mi-dur, de $100^m/_{m^2}$ de section. Elle parcourt toute la ligne, permettant le sectionnement du fil de travail. L'on peut ainsi coupler ou découpler chaque station, chaque section ou chaque voie de station intermédiaire.

3° *Appareils de couplage.* Ceux-ci sont installés dans des cabines placées en face de chaque station.

Des sections de sécurité sont aménagées aux extrémités des stations, en vue d'empêcher la mise sous tension de deux sections voisines par le double archet dont sont munis les véhicules de traction.

Supports. Les fils de contact sont supportés dans le sens de la longueur par un câble porteur composé de 7 fils d'acier de $50^m/_{m^2}$ de section totale. Des tendeurs, placés dans les gares au point de sectionnement, maintiennent la tension constante du fil, de façon à parer aux variations de température.

L'isolement du fil de contact se fait au moyen d'isolateurs à double cloche, posés sur des mâts à console en fer, placés sur le côté de la voie et distants, les uns des autres, de 70 m. dans les parties de ligne droite et

à découvert. Dans les tunnels, les supports sont plus rapprochés (jusque 13^{m},50). Dans les courbes (pl. X, fig. 20), des haubans y sont adjoints (pl. XI, fig. 22).

Il y a encore à noter que, pour éviter toute perturbation, les lignes télégraphiques ne suivent pas la voie, mais en sont distantes d'au moins 10 m. et quelquefois davantage.

§ 5. — UTILISATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE POUR LA TRACTION

Le service de la traction se fait au moyen de locomotives électriques pour les trains circulant sur toute la ligne et de voitures automotrices, plus spécialement réservées aux trains-tramways, circulant surtout entre Spiez et Frutigen.

Voitures automotrices. — Les voitures automotrices sont à deux boggies et contiennent 64 places assises de 3me classe seulement (pl. XI, fig. 23 ; pl. XII).

L'équipement électrique, comprenant deux moteurs de 225 HP chacun, se trouve à chaque extrémité de la voiture avec compartiment séparé pour le mécanicien.

Une automotrice peut, au besoin, remorquer en plus de sa charge de voyageurs, un train de 120/135 tonnes sur une rampe de 15 ‰, qui est la rampe maxima existant entre Spiez et Frutigen, ce, à la vitesse de 45 km. à l'heure ; ce qui équivaut à un effort de 2500 kg. porté à 3700 kg. au démarrage.

Les moteurs sont du système Siemens-Schuckert, 8 pôles, avec un rapport d'engrenages de 1 : 3,45.

Le courant du circuit de commande est monophasé sous 100 volts.

Le poids de ces automotrices est de 55 tonnes, dont 22 pour l'équipement électrique.

On peut conduire une ou plusieurs voitures avec un

seul mécanicien, en connectant entre eux les circuits de commande des voitures.

L'expérience a cependant démontré que, pratiquement, ces automotrices ne peuvent convenir que pour les trains-tramways entre Spiez et Frutigen.

Locomotives. — Les premières locomotives électriques furent construites pour les essais préliminaires faits sur le tronçon de ligne Spiez-Frutigen existant, avons-nous dit, depuis 1901. Ces essais avaient pour but de déterminer la force à donner aux locomotives qui devaient faire le service normal sur l'ensemble de la ligne du Loetschberg.

Un concours fut ouvert, comme on l'a déjà dit, entre les divers constructeurs de ce genre d'appareils. Et ce fut la Société d'Œrlikon avec son type de machine de 2000 HP qui répondit le mieux aux données du problème. Son type fut adopté.

Toutefois, suffisamment fixée sur le bon fonctionnement de ces machines et considérant le service intense, surtout en marchandises pondéreuses, qui devrait s'exécuter *en toutes saisons* sur la nouvelle ligne, la Compagnie a résolument porté cette force à 2500 HP qui est celle des locomotives faisant actuellement le service normal du Loetschberg.

Nous donnerons successivement quelques renseignements sur ces deux types de machines (1).

Locomotives de 2000 chevaux. — Le châssis est à deux boggies de trois essieux chacun.

Sur chaque boggie est monté un moteur de 1000 HP actionnant un arbre de commande par l'intermédiaire d'engrenages. Celui-ci attaque par bielle chacun des trois essieux, de façon que tout le poids de la locomotive est appliqué à l'adhésion. Les deux boggies sont accouplés entr'eux et la caisse de la locomotive ne

(1) Thormann, déjà cité.

participe en aucune façon à la transmission des efforts de traction.

Les transformateurs électriques et appareils accessoires occupent le milieu de la caisse de la locomotive, et le conducteur avec les appareils de commande sont placés dans un compartiment séparé, placé à chaque extrémité. Extérieurement et sauf les deux archets de contact, placés au dessus, ces locomotives sont pareilles à des voitures ordinaires à voyageurs.

La machine entière pèse 90 tonnes réparties régulièrement sur les essieux, à raison de 15 t. par essieu.

Aux essais faits en novembre 1912, ces machines ont pu remorquer facilement des trains de 500 t., à une vitesse de 46 kilom. à l'heure, sur la rampe de 15 °/₀₀ de Spiez-Frutigen.

Locomotives de 2500 HP (fig. 9). — Ces locomotives sont du même type que les précédentes, sauf les différences suivantes nécessitées par l'augmentation de force.

Elles sont à cinq essieux moteurs couplés et deux essieux libres.

A la vitesse normale de 50 kilom. à l'heure, elles développent un effort de traction de 10 000 k. et peuvent traîner, à cette vitesse, un train de 310 320 t., soit 8 à 9 voitures de 40 t., sur une rampe de 27 °/₀₀. L'effort sur la jante des roues est alors de 13 500 kg. (1).

La vitesse peut être portée à 75 kilom.-heure.

Au démarrage, ces locomotives peuvent développer un effort de traction de 18 000 kg., supérieur de 30 °/₀ à l'effort normal.

Comme pour les locomotives de 2000 HP, la force

(1) Pour enlever cette même charge et sur des rampes identiques, il faut, au St-Gothard, deux locomotives de 115 t. chacune. Et encore ne marchent-elles qu'à la vitesse de 36 km.-heure. (Hartmann : *Le percement du massif du Loetschberg).*

de 2500 HP est répartie entre deux moteurs de 1250 HP placés chacun à une extrémité de la voiture et pouvant fonctionner soit en série, soit en parallèle. Les deux moteurs peuvent être alimentés soit par l'un, soit par l'autre des deux transformateurs de courants. De sorte que la locomotive peut développer la totalité de l'effort de traction, avec un seul transformateur, un contrôleur et les deux moteurs en série et qu'elle peut

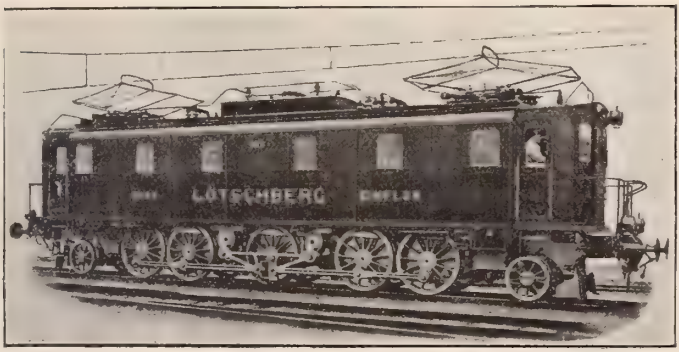

Fig. 9. — Une locomotive électrique de 2500 chevaux

maintenir la pleine vitesse en service prolongé avec un seul moteur.

Les moteurs sont à 16 pôles et ouverts, de sorte que l'air libre a accès partout. La tension maxima y est d'environ 500 volts et l'intensité maxima d'environ 3000 ampères (pl. XIII et XIV).

Il va de soi que l'éclairage et le chauffage des trains sont également faits par l'électricité, l'un et l'autre étant réglés par le mécanicien du train.

Nous résumons ci-dessous quelques renseignements pratiques sur l'ensemble de l'installation (1).

(1) Extraits de la brochure publiée par les Ateliers de Construction d'Oerlikon (Zurich, Fritz frères, 1913).

Données générales

Système du courant : Alternatif monophasé	
Tension normale de la ligne de contact	15 000 volts
Nombre de périodes par seconde	15
Écartement des voies	$1^{m}455$
Rampe maxima	27 °/₀₀

Données relatives aux locomotives

Longueur totale	$16^{m}00$
Écartement total des essieux	$11^{m}340$
» des essieux rigides. . . .	$4^{m}500$
Diamètre des roues motrices	$1^{m}350$
» » libres	$0^{m}850$
Rapport des engrenages	1 : 2,23
Poids de la partie mécanique	48 tonnes
» » électrique	59 »
» total	107 »
» d'adhérence.	78,2 »
» maximum par essieu	16,6 »
Puissance pendant 1 1/2 heure	2500 HP
Effort de traction à la roue, au régime de 1 1/2 heure	13500 kgr.
Vitesse au régime de 1 1/2 heure . . .	50 Km. h^re
» maxima	75 Km. h^re
Effort de traction au démarrage, environ	18000 kgr.

Le système du courant alternatif monophasé, employé pour les locomotives, a donné toute satisfaction. Il permet de régler la vitesse absolument à volonté.

Lors de notre voyage sur cette ligne en août dernier, nous avons pu constater la douceur et la souplesse de la traction et des démarrages qui se font sans à coups, et d'une façon incomparablement supérieure à celle de la traction à vapeur.

CHAPITRE III

MISE EN ACTIVITÉ DE LA LIGNE

Mise en activité et premiers résultats financiers. — Considérations générales sur l'avenir du Loetschberg.

§ 1. — MISE EN SERVICE DE LA LIGNE

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, c'est le 28 juin dernier (1913) que la ligne du Loetschberg a été inaugurée officiellement, quoiqu'elle ne pût être ouverte définitivement au trafic international que le 18 septembre suivant.

Dès le 1er mai, on avait lancé dans le public un premier horaire très coquet et indiqué comme étant valable jusqu'au 30 septembre suivant. Cet horaire comportait, dans chaque sens et par jour, quatre trains directs ou semi-directs entre Spiez et Brigue, plus 5 trains faisant banlieue. Il y avait aussi, de Spiez à Frutigen, 6 trains-tramways, dont deux allaient même jusqu'à Kandersteg, à l'embouchure Nord du tunnel.

Toutefois, cet horaire fut bientôt annulé et remplacé, à la date du 1er juillet, par un horaire nouveau, n'indiquant qu'un seul express par jour et 4 trains faisant banlieue, de Spiez à Brigue, plus neuf trains-tramways allant de Spiez à Frutigen ou Kandersteg.

Quelques jours après, des affiches étaient apposées, annonçant que la mise en vigueur de l'horaire complet et définitif était reportée au 15 juillet, puis, une seconde fois, au 1er août et, finalement, « que l'horaire provisoire serait maintenu jusque nouvel avis ».

Quelle pouvait être la cause de ces tergiversations ?

C'est qu'en réalité, la mise en application de ces horaires successifs n'avait pu être exécutée régulière-

ment. D'assez fréquentes interruptions de courant, laissant les trains en panne, s'étaient produites.

Voici ce que dit, à ce sujet, le journal La Suisse, dans son n° du 3 juillet 1913 :

« Nous avons déjà dit que les retards, dans l'ouverture de la ligne du Loetschberg, proviennent de courts-circuits. Il paraît, qu'en outre, la suie déposée par la fumée des locomotives — locomotives à vapeur, employées provisoirement — ne serait pas étrangère à ces retards. Dans le tunnel hélicoïdal, les isolateurs recouverts de suie, ont flambé comme des torches, la suie qui les recouvre les rendant bons conducteurs. »

Le 29 juillet, le même journal imprimait : « Dimanche matin (17 juillet), un train de la ligne du Loetschberg s'est arrêté dans le grand tunnel, à 800 m. de la sortie Sud, par suite d'un nouveau dérangement dans les câbles électriques. Le train est resté près de trois heures en panne, au grand ennui des voyageurs. »

Le 6 août, ce même journal disait encore :

« Il est impossible de cacher aujourd'hui que la traction donne lieu à de sérieux mécomptes.

» Les uns les attribuent à la suie qui serait restée adhérente aux conduites électriques. Mais, pour qui sait avec quel soin l'on a procédé au nettoyage des installations lors des essais officiels, cette hypothèse est peu probable.

» D'autres jugent trop faible la distance des isolateurs aux parois du tunnel, ce qui faciliterait la formation de courts-circuits (1).

» Quoi qu'il en soit, on se demande aujourd'hui s'il ne serait pas préférable de réduire la tension de 15 000

(1) Ce qui pouvait confirmer cette idée, c'est que, dans les essais de mise en service, en 1910, de la ligne Spiez-Frutigen électrifiée, l'on avait constaté, au tunnel de Houdrich, la formation d'arcs, entre la ligne et la voûte, lors du passage des locomotives provisoires à vapeur ou après ce passage, arcs qui se produisaient sous l'action de la fumée des locomotives.

FIG. 1. — Le chemin de fer du Loetschberg (État major).

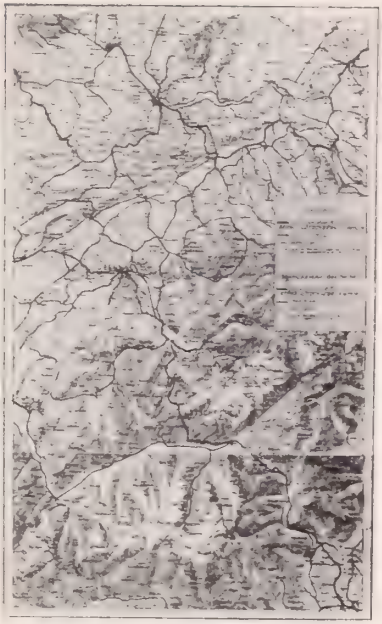

FIG. 2. — Lignes suisses d'accès au Loetschberg (État major).

Les lacets dans la vallee de la Kander.

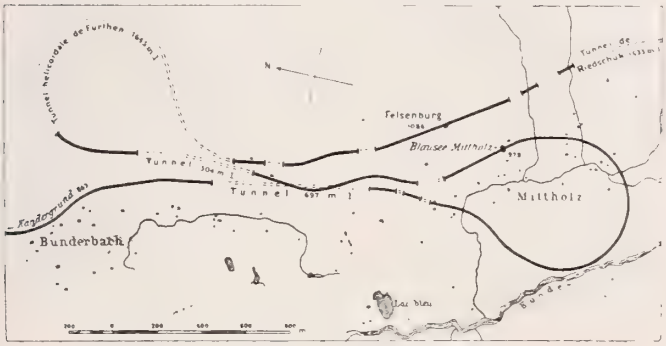

FIG. 3. — Les lacets dans la vallée de la Kander.

Fig. 4. — Entrée du tunnel de la double boucle.

Fig. 5. — Affaissements à la surface à la suite de la Catastrophe du 24 juillet 1908.

Fig. 6. — La rencontre des équipes Nord et Sud dans le grand tunnel, le 31 mars 1911.

Fig. 7. — Un train entier chargé des déblais d'un mètre courant de tunnel.

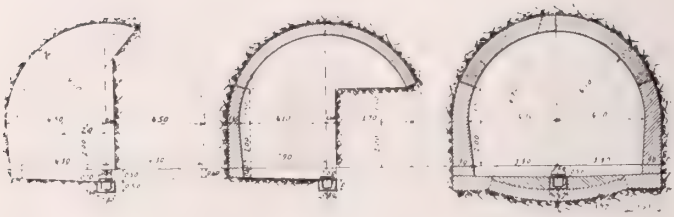

Fig. 8. — Divers profils de tunnels de rampe.

Fig. 9. — Portail Nord du grand tunnel.

Fig. 10. — Portail Sud du grand tunnel.

Fig. 11. — Pont provisoire de Schlossweide pour la voie de service.

Fig. 12. — Pont sur le Munderbach pour la voie de service provisoire.

Fig. 13. — Pont provisoire pour la voie de service.

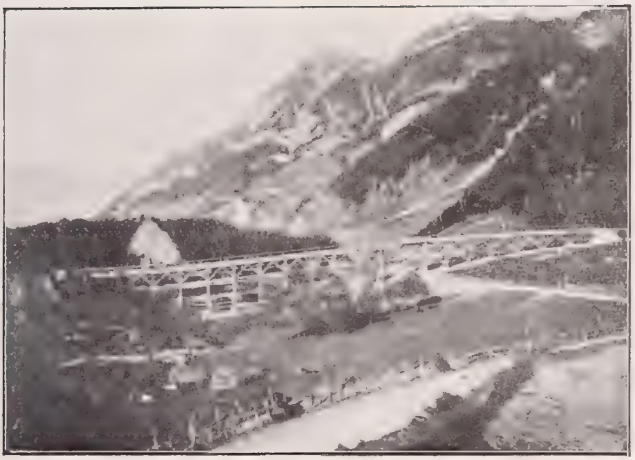

Fig. 14. — Pont pour la voie provisoire.

Fig. 15. — Viaduc près de Frütigen.

Fig. 16. — Viaduc près de Luegelkum.

Fig. 17. — Pont en fer de Bietschthall.

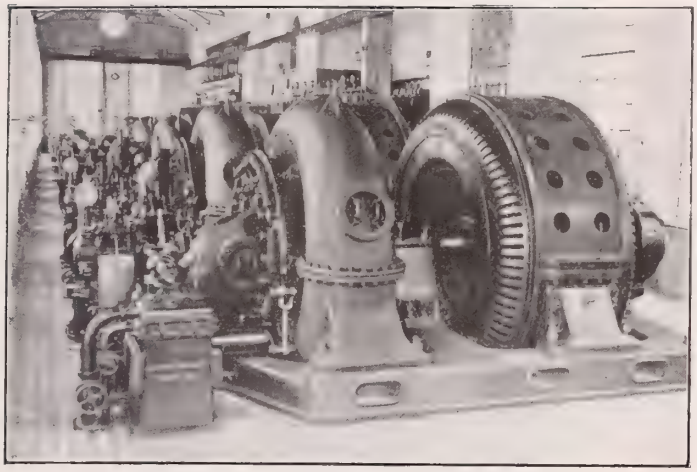

Fig. 18. — Usine électrique de Spiez.

Fig. 19. — Mât-console soutenant le fil en pleine voie.

Fig. 20. — Ligne de contact.
Mât-console soutenant le fil en pleine voie et en courbe.

Fig. 21. — Mode de soutènement de la ligne de contact dans les gares.

Fig. 22. — Isolement de la ligne de contact dans les tunnels.

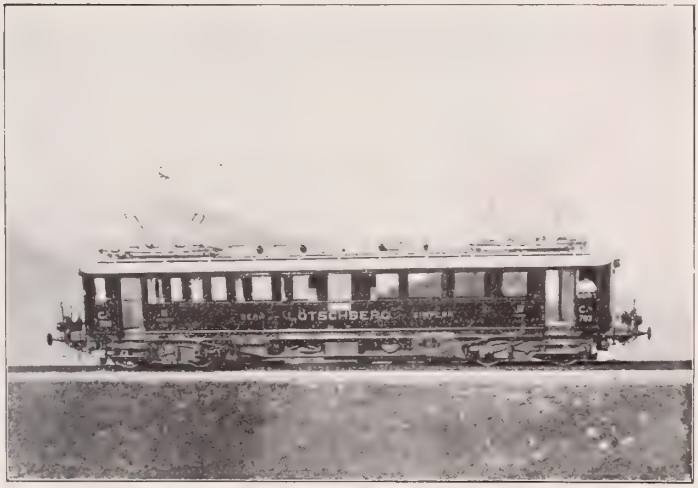

Fig. 23. — Voiture automotrice (élévation).

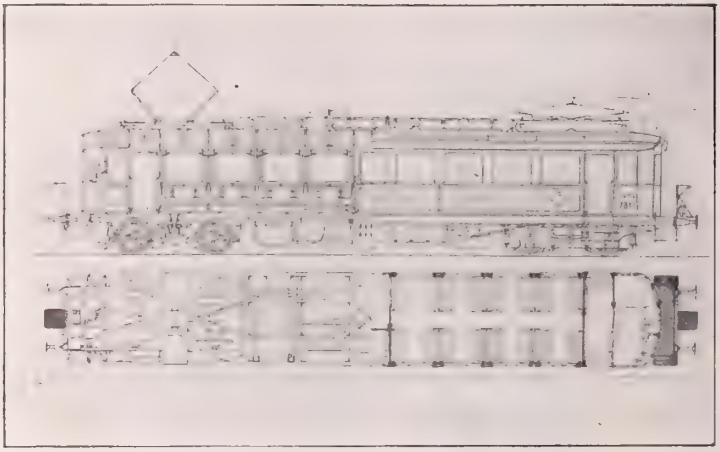

Fig. 24. — Voiture automotrice (coupes verticale et horizontale).

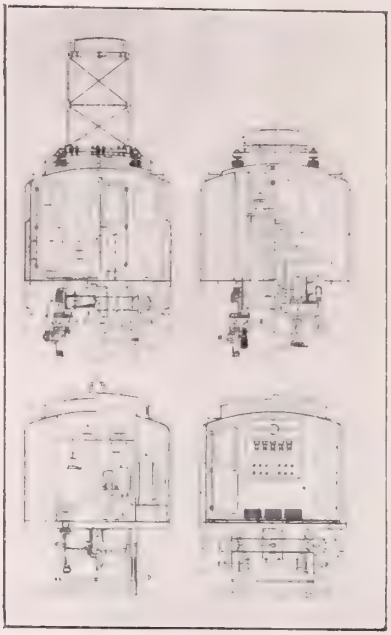

Fig. 25. — Voiture automotrice (coupes transversales).

Fig. 26. — Un train du Loetschberg dans la gare de Brigue.

Fig. 27. — Un train du Loetschberg en pleine voie.

Fig. 28. — Un train de marchandises du Loetschberg.

Fig. 29. — Vue générale de Brigue avec le Simplon.

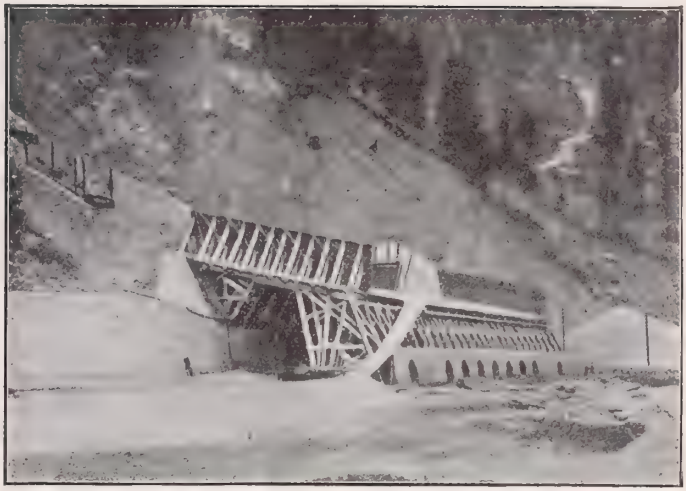

Fig. 30. — Galerie de protection contre les avalanches.

Fig. 31. — Murs de protection contre les avalanches.

Fig. 32. — Spiez, point de départ de la ligne du Loetschberg.

Fig. 33. — Adelboten
et vallée supérieure de la Kander.

Fig. 34. — Gampel
et vallée du Rhône.

Fig. 35. — Adelboten avec le Wildstrubbel.

Fig. 36. — Vue de Kandersteg dans la vallée de la Kander.

Fig. 37. — Kandersteg avec le Blumlisalp.

Fig. 38. — La ligne du Loetschberg (en haut, à gauche) dans la vallée du Rhône en face de Niège.

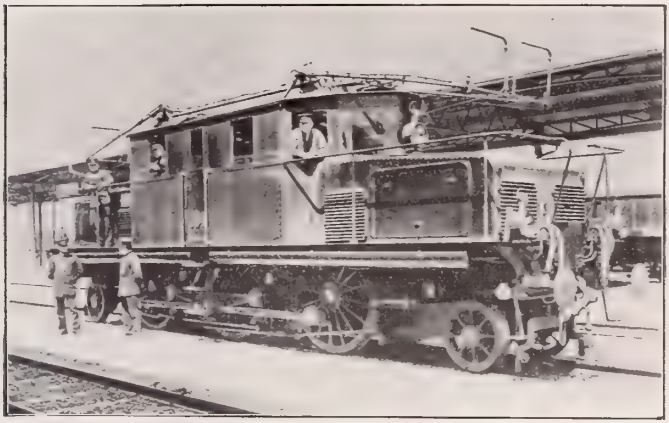

Fig. 39. — Une locomotive électrique du Simplon.

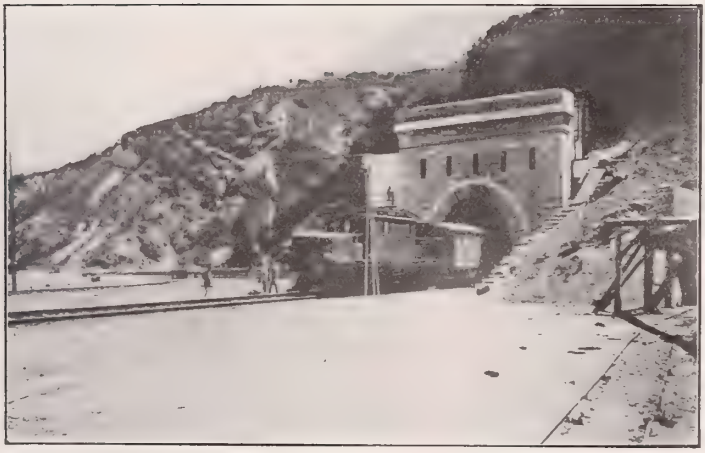

Fig. 40. — Portail Nord du tunnel du Simplon.

volts, qui a été adoptée et qui, du reste, avait été considérée comme la plus avantageuse par des autorités en la matière, telles que le Professeur Wyssling, Président de la Commission d'études pour l'électrification des chemins de fer.

» Mais, en matière d'électricité, la théorie et la pratique ne suivent pas toujours la même voie.

» Il serait possible, par exemple, de réduire la tension à 9000 volts, sans que la puissance de traction des locomotives s'en trouve diminuée. Mais on sera obligé de modifier les transformateurs de toutes les locomotives. Et c'est pourquoi l'on ne s'y décidera que si la nécessité en est absolument démontrée. »

Toujours La Suisse, du 7 août (en résumé) :

« L'on croit pouvoir réaliser une amélioration en modifiant la forme des trolleys. Mais, ce n'est pas tout. La situation exige un gros effort, car les techniciens se trouvent en présence d'un problème difficile. »

Pendant ce temps, la gare de Berne, sur l'annonce de la mise en activité de la ligne du Loetschberg, s'encombrait des transports à diriger sur cette ligne.

Voici ce qu'en avait déjà dit La Suisse, en date du 9 juillet :

« Berne, 29 juillet. — Ainsi que cela était prévu, l'ouverture de la ligne du Loetschberg cause un grand encombrement à la gare de Berne, devenue beaucoup trop petite. C'est ainsi que, dimanche, il s'est produit de véritables bousculades au départ et à l'arrivée de certains trains et que de nombreux voyageurs se sont plaints de l'absence de tout service d'ordre.

» L'augmentation du nombre des voyageurs est en moyenne d'un bon millier par jour, en temps ordinaire, et doublera au moment de la mise en vigueur de l'horaire complet, ce qui ne se fera probablement pas au cours de l'été de 1913.

» Passe donc, encore, pour cette année. L'année prochaine, dès l'ouverture de l'exposition nationale, il apparaît évident que la gare actuelle ne pourra suffire, et comme on ne peut songer à la reconstruire en quelques mois, la direction des C. F. F. étudie un projet d'agrandissement provisoire. »

Mais, à la date du 20 août, les quelques mécomptes relatés ci-dessus — et, reconnaissons-le, inséparables de la mise en activité d'une entreprise aussi gigantesque, employant un mode de traction plutôt nouveau, — avaient déjà presque disparu, puisque le même journal tenait le langage suivant :

« Le bruit a couru avec une certaine persistance, ces derniers temps, que des erreurs avaient été commises dans la construction de la ligne du Loetschberg, notamment en matière d'électrification, et qu'on serait probablement obligé d'introduire maint changement avant de pouvoir assurer une exploitation normale de cette grande voie internationale. Un de nos collaborateurs s'est rendu sur place, afin d'obtenir, si possible, des renseignements précis à cet égard.

» Il résulte de cette enquête approfondie que le moment n'est pas loin où la compagnie du Loetschberg pourra « tenir » son horaire complet ; ce qui lui fait encore défaut, c'est un personnel d'exploitation expérimenté, apte surtout à procéder rapidement aux petites réparations que peut exiger le mode de traction employé. L'électricité n'est pas complètement asservie et peut réserver des surprises ; cependant, on arrivera certainement à mieux la dominer et, en tout cas, il n'est pas question, comme on l'a dit, de ramener sa tension de 15 000 à 9 000 volts, ni de changer les puissantes locomotives. Il suffira d'améliorer l'installation électrique sur plusieurs points pour que l'exploitation de la ligne devienne normale et régulière.

» Au surplus, les retards signalés ne proviennent pas tous de l'exploitation électrique du Loetschberg, encore qu'il arrive que des trains s'arrêtent dans le fameux tunnel ou ailleurs, ainsi qu'on l'a signalé ces dernières semaines ; mais ces interruptions de courant, courts-circuits, etc., seront de plus en plus rares à l'avenir. L'encombrement de la gare de Berne et surtout de la voie Berne-Thoune, où les trains ne font presque que se suivre, est la cause de bien des retards que l'on a généreusement attribués à la compagnie du Loetschberg.

» Enfin, soit dit en passant, le trafic est si intense entre Spiez et Brigue, au point de vue marchandises, comme au point de vue voyageurs, que l'on sera bientôt obligé d'établir la double voie, sagement prévue par le Conseil fédéral. »

Dès le lendemain, 21 août, La Suisse annonçait à ses lecteurs que « les ingénieurs de la ligne du Loetschberg sont parvenus à éliminer la plupart des défectuosités qui provoquaient des interruptions de trafic. Aussi l'horaire complet pourra-t-il entrer en vigueur dans un mois au plus tard.

» Le trafic des marchandises a plus que triplé. Alors qu'au début on ne lançait qu'un seul train de marchandises par jour dans chaque sens, il y en a aujourd'hui trois ou quatre quotidiennement dans les deux sens.

» Comme le nouveau tarif des compagnies françaises de l'Est et du Nord sera appliqué dès le 1er septembre, on s'attend pour ce moment à une nouvelle augmentation du trafic des voyageurs venant de la Belgique. »

Quand nous-mêmes, nous avons suivi la ligne du Loetschberg, à la date du 28 août dernier, le service se faisait régulièrement et plus aucun incident n'était signalé. C'est, du reste, ce qui a permis d'ouvrir définitivement la ligne au trafic international le 18 septembre suivant.

§ 2. — PRÉVISIONS QUANT AUX RÉSULTATS FINANCIERS DE L'ENTREPRISE

Comme trafic, l'on avait évalué, avant la mise en activité de la ligne, les recettes probables de la première année d'exploitation à 5,3 millions, *pour les marchandises*.

En réalité, les résultats des premiers mois sont les suivants :

Les recettes *totales* de la ligne ont été :

	Voyageurs	*Recettes totales*	*soit par kil.*
En juin 1913	109 600 95	176 618,47	2420
Elles sont montées en juillet à	382 104 42	502 086,86	6800
Pour atteindre en août	439 222 89	625 094,86	8550

Toutefois, à partir de septembre, les recettes totales ont commencé à baisser, parce que le nombre de voyageurs — les touristes principalement — qui avait été en juillet et en août, de 279 000 et 393 000 respectivement, tombe, en septembre à 164 500, en octobre à 102 500 et en novembre, dernier mois dont nous possédons les chiffres, à 72 500.

Pour ces trois derniers mois, les recettes totales sont successivement de 425 300 fr. et 352 500 fr., pour tomber en novembre à 251 800 fr. seulement.

Remarquons que les recettes voyageurs, qui constituaient en juillet 76 °/₀ de la recette totale, n'en forment plus en novembre que 40 °/₀, faisant passer les recettes marchandises du premier de ces mois, de 24 °/₀ de la recette totale, à 60 °/₀ pour le dernier mois considéré.

Or, nous devons croire que c'est surtout le trafic marchandises qui doit constituer le principal appoint des recettes ; et à ce point de vue, la progression du quantum de celles-ci, serait plutôt de bon augure.

Toutefois, si nous tenons compte que le capital social de la Compagnie des Alpes Bernoises est de 60 millions et qu'il y a pour 94,8 millions d'emprunts hypothécaires, la rénumération à 4 % seulement de ces sommes représente un intérêt annuel de plus de six millions. Or, les recettes totales des six premiers mois de la ligne du Loetschberg, c'est-à-dire celles des mois d'une mise en train particulièrement délicate et alors que le service était loin d'être normal, atteignent déjà 2 1/3 millions. Il y a donc lieu d'espérer que lorsque cette voie sera en pleine activité, les résultats en compenseront largement le capital engagé.

A titre documentaire et, comme point de comparaison avec les premiers résultats du Loetschberg, voici, d'après M. Maurer (1), des résultats pris dans les 25 premières années d'exploitation du St-Gothard et qui montrent la progression des recettes :

			Recette totale	soit par kilomètre
1883	1re année d'exploitation	fr.	10 683 205	40 162
1884	2me » »	»	11 853 083	44 560
1887	5me » »	»	11 823 083	44 560
1892	10me » »	»	14 432 064	54 255
1897	15me » »	»	17 823 215	65 526
1902	20me » »	»	21 344 226	77 334
1907	25me » »	»	30 544 599	110 666

« C'est, ajoute M. Maurer, après avoir donné ces chiffres, l'image du développement normal d'une ligne internationale de transit. L'extension des relations internationales par les Alpes est telle que nous pouvons envisager l'avenir avec confiance. La circulation internationale du Sud au Nord et du Nord au Sud que don-

(1) G. Maurer, *Das Goldene Buch der Loetschbergbahn*. Spiez, 1913.

nera notre ligne transalpine (celle du Loetschberg) apportera à tout le Canton l'essor attendu ».

Les prévisions de M. Maurer, relatives aux résultats financiers de la ligne du Loetschberg, se réaliseront-elles, du moins, avec une progression égale ou, tout au moins, parallèle à celle du St-Gothard ?

Évidemment, les conditions sont autres.

Lors de l'ouverture du St-Gothard et jusqu'à la mise en activité du Loetschberg, le St-Gothard détenait le monopole de la ligne directe entre le Nord-Ouest de l'Europe et l'Italie et il en a largement profité. Car, indépendamment de cet avantage de la ligne directe, qui forçait jusqu'à un certain point le trafic vers l'Italie à passer par sa ligne, la compagnie qui l'exploitait avait établi un tarif, dit de montagne, et suivant lequel les kilomètres faits en forte rampe, étaient portés pour plusieurs fois leur valeur, suivant le plus ou moins d'inclinaison de la rampe.

L'entrée en ligne du Loetschberg a forcé la compagnie du Gothard à faire disparaître progressivement ce privilège, qui doit prendre fin en 1920. Elle a amené aussi des ententes, non seulement entre ces deux compagnies, celle du Gothard et celle du Loetschberg, mais encore avec les compagnies exploitant les lignes qui sont dans la zone d'influence de celles-ci.

Toutefois, il n'en reste pas moins vrai que, comme nous l'avons établi ci-dessus, la ligne du Loetschberg est celle qui détient, au point de vue absolu, le privilège de la plus courte distance entre Londres et Milan ou Gènes, ces points importants du trafic entre l'Occident et l'Orient de l'Europe, et nous avons dit que l'on travaillait activement à accentuer encore ce privilège. Certains grands projets, enfin, qui ont maintenant beaucoup de chance de se réaliser, tels que le creusement du tunnel sous la Manche, réunissant sans interruption le puissant réseau des chemins de fer anglais

et leurs affluents d'outre mer avec les chemins de fer du continent, pourront établir définitivement la suprématie de la ligne du Loetschberg.

En définitive, et tenant compte de toutes ces considérations, l'on peut prédire, sans grand risque de se tromper, un brillant avenir à la ligne de Loetschberg.

Les fructueux résultats que, sans nul doute, recueilleront ceux qui ont conduit à bonne fin cette colossale entreprise, ne seront qu'une juste récompense des sacrifices qu'elle leur a coûtés et de l'indomptable énergie qu'ils y ont déployée. Nous le souhaitons, non seulement pour eux, mais pour la Belgique, dont le mouvement de transit nous paraît grandement intéressé à l'avenir de la ligne du Loetschberg.

É. Harmant.

VARIÉTÉS

I

LA PÉDAGOGIE EST-ELLE UNE SCIENCE ?

—

« Ce que doit savoir aujourd'hui tout instituteur »

Sous le titre : *La pédagogie et nos pédagogues*, M. Francisque Bouillier, membre de l'Institut de France, ancien directeur de l'École normale supérieure, ancien inspecteur général des écoles normales primaires, publiait il y a 22 ans dans le Correspondant un article où il faisait spirituellement le procès à la pédagogie officielle.

« J'ai inspecté bien des classes dans toute la France, écrivait-il, avant comme après 1871 ; j'ai pu faire la comparaison et je puis assurer qu'avant qu'il fût question de *pédagogie*, j'ai rencontré plus d'une classe bien conduite, plus d'un bon professeur et que, somme toute, les élèves de ce temps-là en savaient tout autant sinon davantage que ceux qui leur ont succédé, depuis *le règne de la pédagogie.* »

« A la suite de l'Exposition de 1889, ont paru six gros volumes publiés par le ministère sous la direction de M. Buisson et sous le titre de *Monographies pédagogiques.* Combien la *pédagogie primaire* ne se plaît-elle pas à accumuler les impressions, *les collections non moins coûteuses qu'insignifiantes,* et que de volumes n'a-t-elle pas enfantés depuis ?

» Il semblerait vraiment qu'avant que la lumière pédagogique républicaine eut commencé à luire sur la France, il n'y avait dans l'enseignement que chaos, que méthodes au rebours du

bon sens, que des professeurs malhabiles et des classes mal faites. »

M. Bouillier conclut « que rien ne démontre mieux l'inutilité d'un enseignement pédagogique spécial que les minces résultats, que la stérilité, la puérilité même des résultats auxquels on a abouti malgré tous les journaux, les musées et les professeurs attitrés depuis M. Ferry, le promoteur de la pédagogie progressive ». Suit une analyse des ouvrages de M. Marion, professeur en Sorbonne, pour édifier le lecteur sur le peu de valeur et d'originalité de cet enseignement. M. Bouillier termine en enregistrant les aveux des nouveaux maîtres, tels que M. Compayré qui finit par avouer que *la meilleure pédagogie est celle qu'on se fait à soi-même et non celle qu'on apprend dans les livres.*

Et M. Marion lui-même arrive à dire, au risque d'ôter toute sa raison d'être à sa chaire de la Sorbonne : « *Le tact, le sens avec le cœur peuvent tenir lieu de toute pédagogie. La psychologie et la morale sont les sources vives de la pédagogie* ».

« Encore une fois, conclut M. Bouillier, à quoi la *Pédagogie* a-t-elle servi, sinon à couvrir de son nom les pires réformes qui aient été faites depuis une vingtaine d'années ? »

Cet article a paru dans le CORRESPONDANT, le 25 août 1892. Nous avons soumis à la 3me Section de la *Société scientifique de Bruxelles,* au mois d'*Avril* 1913, un article de M. Lucien Descaves, publié au mois de *Février* dans un grand quotidien de Paris, qui confirme singulièrement les critiques de M. Bouillier à 22 ans de distance. *C'est la banqueroute de l'enseignement primaire et moyen attestée par la statistique officielle française.* A force de surcharger les programmes, on a fini par ne plus savoir l'orthographe ni le français. M. Descaves demande qu'on se borne à apprendre à lire, à écrire et à calculer dans les écoles primaires ; nous n'avons cessé de demander en Belgique cette simplification pour faire place à l'enseignement *intuitif* des *notions* d'histoire naturelle (1), depuis quarante ans qu'on s'obstine à suivre l'exemple de nos voisins du midi, faute de connaître les lois du développement de l'intelligence et les données précises de la *biologie* et de la psychologie *expérimentale.* — C'est sur ces données nouvelles qu'on a fondé aujourd'hui

(1) Voir *1re Assemblée générale de la Société scientifique de Bruxelles, Avril 1876,* t. I, p. 120 et suivantes. JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ CENTRALE ET ROYALE D'AGRICULTURE, 1874-5-6.

toute la *pédagogie* dans certaines écoles spéciales, comme l'*Institut international de pédologie et de psychologie expérimentale* qui s'est ouvert à Bruxelles au mois de novembre dernier, sous le patronage de M. le ministre Carton de Wiart et de M. Beco, gouverneur du Brabant.

Les lecteurs de la Revue des Questions scientifiques se souviendront peut-être de notre étude publiée en 1882 sous le titre « *l'hérédité* et l' *Éducation* » où nous insistions sur la haute portée de cet enseignement. Depuis lors, M. Van Biervliet a développé savamment dans nos colonnes les données précieuses de la psycho-pathologie au point de vue pédagogique. Il est infiniment regrettable que nous nous soyons laissés distancer sur ce terrain par des écoles rationalistes, en nous fiant aux témoignages de fonctionnaires ou de littérateurs instruits mais étrangers aux progrès des sciences naturelles dans le domaine *de la vie*, comme MM. F. Bouillier, Brunetière, etc. Ce dernier, en proclamant *la Banqueroute de la science* au point de vue de l'éducation morale de l'homme, ne semblait pas même se douter que les révélations de la physiologie et de la psycho-pathologie modernes sont appelées à révolutionner complètement nos anciennes méthodes d'éducation *physique*, *intellectuelle* et *morale*, parce qu'elles nous apprennent, comme le disait si bien Claude Bernard, à *démêler les fils qui nous font agir*, *qui nous font jouir et qui nous font souffrir*. En d'autres termes, à connaître à fond les rouages de l'organisme, les ressorts de la *Bête humaine*, dont les hommes sont trop souvent les jouets, parce qu'ils les ignorent.

Nous avons appelé à plusieurs reprises, depuis la fondation de la *Société scientifique de Bruxelles*, l'attention des pédagogues sur la nécessité de s'instruire et de s'inspirer de ces données nouvelles si précieuses pour diriger l'éducation des enfants *en connaissance de cause* et dont nos ancêtres ne pouvaient pas même soupçonner la portée parce que les sciences naturelles étaient encore en enfance à l'époque où les grands maîtres de la pédagogie classique traçaient les programmes de l'enseignement, sans s'inquiéter de l'intime subordination de la santé du corps et de l'esprit. « Combien de fois les parents et les instituteurs les plus instruits en matière littéraire ou artistique, écrivions-nous en 1880, dans le journal La Paix, *ne punissent-ils pas* encore la maladie ou ne provoquent-ils pas la rupture de l'équilibre physique et mental chez les enfants, faute de connaître la *physiologie?* Or, si on relit l'article de M. Bouillier, par

exemple, on ne tarde pas à se convaincre que cet ancien directeur de l'École normale supérieure n'a, comme tant d'autres lettrés, que des notions très vagues *de cette science de la vie* appelée à révolutionner l'*enseignement* et l'*éducation* de l'homme au XXme siècle. Cependant le grand physiologiste Huxley leur avait déjà dit que le programme de l'enseignement primaire *ressemble à un arbre que l'on aurait planté les racines en l'air* (1). Il avait protesté, comme bien d'autres biologistes, contre ce *surmenage* imbécile de l'enfance et de l'adolescence, qui produit si souvent des résultats diamétralement opposés au but que l'on poursuit en rompant à jamais l'équilibre physique et moral et en négligeant de développer l'esprit d'observation et d'initiative.

Les pédants qui dans les écoles officielles enseignent le « *mens sana in corpore sano* » sont presque toujours les premiers à violer ce précepte de la célèbre école d'Hippocrate (2). Il suffit de lire les programmes de nos écoles normales et particulièrement de nos écoles de filles pour être édifié à ce sujet. Nous n'avons pas craint de protester avec véhémence contre ces tortures homicides dans divers congrès, notamment dans le *Congrès international de l'enseignement ménager tenu à Fribourg en 1908*, sous la présidence de notre éminent ami, M. Jean Brunhes, aujourd'hui professeur au Collège de France. Et malgré la protestation de certains « *ronds de cuirs endurcis* », nous avons eu le plaisir de rencontrer une approbation unanime dans le monde des institutrices de divers pays qui assistaient en si grand nombre à ces assemblées.

S'il convient de faire appel aux sentiments d'humanité des *pédagogues officiels* qui se croient *à tort* au courant de la *science moderne*, il faut protester, d'autre part, contre des affirmations malheureuses, comme celle de M. Marion, qui proclame, en jetant le manche après la cognée, « que *le cœur est après tout la meilleure des directions pédagogiques* ».

C'est en n'écoutant que *leur cœur* que tant de mères continuent à peupler le monde d'*enfants gâtés* qui sont le fléau de la société, parce qu'ils sont devenus les esclaves de leurs impulsions et qu'on a négligé de faire l'éducation de leur *volonté dès leur bas âge* par un *dressage* analogue à celui qui permet aux éleveurs de transformer les instincts *égoïstes* des animaux supé-

(1) Lay sermons.
(2) Fr. Bouillier, *loc. cit.*, p. 713.

rieurs en impulsions *altruistes*. Car la théorie de Spencer de *la transformation des instincts par l'intégration progressive des mouvements coordonnés en vue d'un but à atteindre*, s'applique également à l'homme avant l'âge de raison (1). On a dit très justement que l'éducation de l'homme doit commencer au premier jour de sa naissance par des réactions raisonnées contre l'*instinct*. Voilà le principal objet de la *pédologie* : aucune mère, aucun instituteur, aucun pédagogue ne devrait plus l'ignorer. Il existe des *lois* du développement physique, intellectuel et moral que les éducateurs ne pouvaient connaître que par les merveilleuses découvertes de la *Science naturelle*, très justement appelée science *moderne* (2). Feu M. de Lapparent, notre ancien président, l'illustre géologue et secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de Paris, ne craignait pas d'affirmer *à la tribune de notre Société en 1876*, « qu'il avait toujours été frappé de voir les livres de *philosophie* briller par l'absence complète *de notions* sur des sujets scientifiques qui forment une base de toute bonne philosophie ».

Comme il existe aujourd'hui une *science* agricole qui s'inspire des découvertes de la chimie, de la physique, de la mécanique et de la biologie, il existe aussi une *science* pédagogique ou pédologique, qui ne relève plus seulement du sentiment et de l'empirisme, mais de la MÉTHODE EXPÉRIMENTALE et des sciences d'observation (3).

A. PROOST.
Dr en Sciences naturelles.

(1) Voir Congrès international d'éducation familiale tenu à Bruxelles en 1910 à l'Exposition universelle, COMPTES RENDUS DES SÉANCES. Volume IX, séance du 23 août. *Présidence de M. Proost, fondateur de la Ligue internationale de l'Éducation familiale.*

(2) Ouvrages cités et critiqués par M. Bouillier : Marion, *Leçons de psychologie appliquées à l'Éducation*. — *Recueil de Monographies pédagogiques*, 6 volumes publiés par le Ministère en 1889-1890. — REVUE PÉDAGOGIQUE publiée par le Musée de Paris. — *Psychologie de l'homme et de l'enfant* appliquée à la pédagogie par Maillet. — *Notions de pédagogie*, par M. Joly. — Bréal, *Quelques notes sur l'instruction publique*.

(3) *La pédagogie empirique et la pédagogie rationnelle envisagées au point de vue de l'hygiène physique et morale*, par A. Proost, 1re édition, Imprimerie des Trois Rois, 1896, rue de la Monnaie, à Louvain.

II

JARDIN D'ESSAIS DE KISANTU (1)

—

Grâce aux bons soins de M. le chanoine G. Smets, on a fait au laboratoire agricole de Liége, l'analyse chimique et physiologique d'échantillons de terre, venus de Kisantu, au Moyen-Congo. Les résultats ont paru dans les MERCURIALES AGRICOLES, et ont été réunis en brochure.

Le Frère Gillet vient également de publier le Catalogue botanique, mis à jour, des plantes introduites et acclimatées dans son jardin.

Nous voudrions ajouter certains commentaires à ces publications, qui revêtent un caractère d'intérêt général, et donnent, pour leur part, une idée des conditions pratiques, et de certaines possibilités de la culture au Congo.

M. Smets s'exprime ainsi dans son rapport :

« Le limon que nous avons étudié, provient d'un champ de Kisantu, mis en culture depuis dix ans, et non encore complètement épuisé ; il a été prélevé de la surface, à 30 centimètres de profondeur. C'est un limon jaunâtre, riche en fer. Ses éléments constitutifs sont très fins ; nous n'avons trouvé ni cailloux, ni graviers.

Au microscope, on reconnaît des grains très nombreux de sable, tous arrondis « roulés », ce qui fait supposer que c'est une terre alluvionnaire. — Le limon fait pâte avec l'eau ; quand il se dessèche, il se forme à la surface une croûte dure, laquelle se crevasse bientôt (2).

Le champ qui a fourni les échantillons de terre, est situé dans la vallée de l'Inkissi, près du jardin d'essais.

La configuration générale de la plaine, nivelée et formant comme un estuaire entre les collines qui la bordent, est bien faite pour suggérer l'idée d'anciens dépôts d'alluvions. Ce carac-

(1) Le chanoine G. Smets, *Analyse chimique et physique d'une terre de Kisantu*, Maeseyck, Vanderdonck-Robyns. — Le F. J. Gillet, S. J., *Plantes introduites et cultivées*, Bruxelles, Van Gompel, 1913.

(2) Cf. MERCURIALES AGRICOLES, n° 83, vol. II.

tère peut être saisi sur le vif, au jardin lui-même. Chaque année, l'Inkissi en débordant pousse encore ses eaux, parfois jusqu'au milieu de l'emplacement réservé au potager.

Tout le jardin d'ailleurs est une ancienne forêt marécageuse de « longwas » — *(Mitragyne macrophylla)* où passait, avec cent méandres, un petit ruisseau, la « Kungissi », affluent de l'Inkissi.

Actuellement, une digue, élevée en amont — 500 mètres de long, 4 à 5 m. de haut — sert de protection contre les inondations, causées jadis périodiquement par les crues de la saison des pluies.

Le creusement des fossés de drainage et d'irrigation a permis de se rendre bien compte de la constitution du terrain : elle est favorable.

Le sous-sol profond, d'argile compacte, est incliné vers l'Inkissi. Un système de rigoles à ciel ouvert, a donc suffi pour assurer le drainage.

La terre arable, très épaisse par endroits (1 à 2 mètres), est ailleurs beaucoup plus mince ; un fer de bêche la traverse. Telle quelle, elle s'est montrée très propice à la culture maraîchère. Mais les arbres ont semblé souffrir par place, de son peu de profondeur.

Le jardin d'acclimatation reçoit chaque année une abondante fumure, grâce aux bœufs stabulés pour le service des transports. Comme le reste du gros bétail vit dans la brousse, il ne peut encore être question de fumer le restant des terres. C'est dans ces conditions, après douze ans de cultures, à peu près régulièrement reprises tous les deux ans, que les champs voisins du jardin donnent encore le dosage suivant :

I. — A l'analyse chimique :

		Solubles dans Acide Chlorhydrique			
	Azote total	Ac. phosph.	Potasse	Chaux	Magnésie
	2,00 ‰	0,65	1,50	0,54	0,22

M. Smets met en regard la composition de terres belges, connues :

Hesbaye	1,09	0,78	0,55	5,94	2,02
Campine	0,65	0,33	0,10	0,37	0,15
Condroz	1,08	0,58	0,47	7,19	2,19
Polders	1,58	1,17	1,48	74,75	7,61
Ardennes	1,80	0,91	0,55	1,93	5,16

« La terre de Kisantu, conclut l'auteur, est donc riche en *azote*, plus riche que les terres belges ; la teneur en *acide phosphorique* est faible, néanmoins plus élevée que dans nos terres du Condroz et de la Campine. Mais, comme dans la latérite, l'acide phosphorique est surtout combiné à l'alumine et au fer, à cause de la pauvreté du sol en chaux et en magnésie. La teneur en *potasse,* soluble dans l'acide chlorhydrique, est plus élevée que dans tous nos sols belges.

» La teneur *en chaux* et en *magnésie* est très faible, comme dans les sols de notre Campine. »

La loi du minimum permet de conclure que le déficit en acide phosphorique, chaux et magnésie, amènera un rendement insuffisant dans les récoltes.

II. — L'analyse physiologique du sol par la plante, faite également au laboratoire agricole de Liége, est venue compléter et modifier notablement ces données.

« On expérimenta successivement l'avoine et la moutarde blanche, en employant dans les vases de végétation, les engrais suivants : Nitrate de soude, Phosphate de soude, Sulfate de potasse et Carbonate de chaux. »

Dans les parcelles-témoins, sans engrais, la végétation a été très chétive ; 3 ou 4 plantes y sont mortes. Le manque d'*azote* s'est accusé très tôt ; les plantes restaient petites et leur couleur était pâle, jaunâtre.

Le manque d'*acide phosphorique* s'est manifesté également très tôt ; les plantes avaient une teinte vert foncé très caractéristique.

On n'observait guère de différence entre les autres cultures, on aurait cru que les cultures sans potasse et sans chaux produiraient la même quantité de substances sèches que les cultures avec engrais complet.

Et réellement, les récoltes, faites finalement, ne modifièrent pas ces constatations.

« Donc, écrit M. Smets, malgré sa haute teneur en *azote*, le sol en livre fort peu à la végétation. L'azote du sol se nitrifie peu. Pour la production d'une bonne récolte, il faut de l'azote fourni par une fumure organique récente, ou par des engrais commerciaux actifs. — Un amendement en carbonate de chaux n'a semblé nullement favoriser la nitrification de l'azote du sol.

La terre de Kisantu est particulièrement pauvre en *acide phosphorique ;* une restitution abondante s'impose pour rendre la fertilité à ces sols.

Théoriquement, l'emploi des Phosphates Thomas est à préconiser.

Les observations de la pratique journalière au Congo, convergent d'une façon remarquable, vers les mêmes conclusions.

Pour l'azote : 1° il existe en quantité notable, dit-on.

Sinon, comment expliquer ces cultures de riz, plante avide d'azote, et qui se succèdent durant des années, sans apport d'engrais ?

On recourt, il est vrai, plus ou moins régulièrement aux jachères ; mais le Fr. Gillet insistait surtout sur le bon ameublissement du terrain. La récolte était en proportion du travail. C'est que la préparation plus soignée, en aérant mieux le sol, devait activer fortement la nitrification.

Cependant il est temps de prévoir l'avenir. 2° L'azote n'est plus généralement sous une forme assimilable, comme il a été démontré à Liége.

De fait, souvent de grandes taches jaunes se marquent dans les emblavures. Si les pluies ne sont pas très abondantes, les plantes encore jeunes, s'étiolent, et parfois, comme en 1911, « rentrent en terre », périssent.

Les jachères elles-mêmes doivent être de moins en moins efficaces. L'herbe qui repousse spontanément est petite et, par endroits, assez clairsemée. — On a essayé d'y remédier, en enfouissant des herbes de la brousse voisine.

L'expérience, qu'il faudrait refaire, n'a pas donné des résultats décisifs.

Du nitrate a été répandu cette année, en couverture, sur du riz, déjà développé, mais mal venu et jaune ; il l'a tellement amélioré, qu'en quinze jours la partie traitée avait pris une teinte d'un vert bien franc et s'élevait notablement au-dessus du reste de la culture.

Cependant, à la récolte, on constata que le gain en paille était beaucoup plus élevé que celui en grain. Ainsi dans un essai, la parcelle-témoin, sans engrais, donna 1500 kg. de grain à l'Ha et 2400 de paille : tandis que celle qui avait reçu 200 kg. de nitrate à l'Ha produisait 1800 kg. de grain, contre 4150 kg. de paille. Ce résultat est anormal.

Cette disproportion indique évidemment, que « si l'azote manquait, l'acide phosphorique aussi devait être restitué ». Ainsi conclut M. Smets.

Ce point pouvait se déduire des résultats merveilleux des cul-

tures indigènes, selon la méthode des « Massôlés » défrichements de bois à la hache et au feu.

Les cendres sont un engrais riche et complet. Aussi, dans tel poste, voisin de Kisantu, 6 hectares cultivés de cette manière « sauvage » avaient un rendement supérieur à celui de 15 hectares de brousse.

Les Scories Thomas de nos Hauts-Fourneaux ont leur pendant, au Congo, dans les scories, résidus des fonderies indigènes. On en trouve des amas assez importants dans le Bas-Congo. Il était intéressant de savoir si elles pourraient être utilisées sur place, comme engrais phosphatés.

Le Fr. Gillet nous en a envoyé des échantillons. Mais, du premier coup d'œil, des spécialistes ont jugé impossible leur emploi en agriculture.

En effet, ces scories indigènes seraient un excellent minerai pour nos hauts-fourneaux. Leur teneur en fer est encore très élevée. D'autre part, leur dureté est telle qu'au Congo la Mission les emploie comme moellons, dans les soubassements des édifices. Il serait impossible de les réduire en poudre comme le phosphate Thomas.

A mesure que la culture indigène, nomade et dévastatrice, fera place à nos méthodes d'établissement fixe, il faudra au Congo, comme partout, recourir à la fumure organique régulière. — L'élevage doit se développer parallèlement à l'agriculture.

Le nitrate, le phosphate s'ajouteront peu à peu, à titre de complément, dans les cultures intensives.

C'est la voie ouverte dans les jardins d'essais :

A Kisantu, dans le vaste potager, desservi par l'irrigation et bien fumé annuellement, tous nos légumes, depuis quinze ans, venaient très bien.

En 1911, les ignames si exigeants donnaient 17 000 kg. à l'hectare sans soins spéciaux.

Cependant l'application des engrais chimiques a marqué un nouveau progrès en 1913.

« Malgré un apport proportionnellement faible du fumier de ferme, nous écrit le Frère Gillet, les choux, salades, endives et autres foliacés, nous ont donné cette année, des produits remarquablement abondants et tendres. » Et il ajoute avec une pointe de sentiment : « Le nitrate, surtout, s'est révélé comme la baguette magique de l'acclimatateur ». C'était à prévoir.

La culture maraîchère a transporté là-bas nos légumes d'Europe.

Nos plantes acclimatées poussent trop vite, même pendant la saison sèche.

Il faut donc leur fournir un aliment concentré immédiatement assimilable, pour faire face à leurs besoins. Il faut recourir aux procédés de la culture forcée.

Dans les cultures tropicales : riz, patates douces, etc., les frais de transport, si élevés dans notre jeune Colonie, empêcheront peut-être encore longtemps l'introduction des procédés intensifs, moins nécessaires.

Il faut estimer à près de 100 fr., le prix de transport de la tonne d'engrais, entre Anvers et Kisantu (Moyen-Congo), déduction faite des droits de douane supplémentaires. Pour le potager, on devra et l'on pourra passer sur ces dépenses. Les légumes frais sont trop précieux au Congo.

Pour le froment, il se pourrait qu'on puisse aussi s'y résigner, si jamais la culture en grand se montre possible.

Les farines spéciales pour le Congo coûtent, selon les prix du jour, de 23 à 25 fr. les 50 kilogr., emballage compris. Cela fait près de 600 fr. les mille kilogr., rendus à destination. Et ce chiffre est un minimum. Je ne parle pas de l'intérieur du Congo.

Le froment pourrait donner 2000 kg. à l'Hectare : donc près de 1000 fr. de farine. Un tel rendement peut supporter quelques dépenses supplémentaires dans la culture. Notons que souvent la farine d'Europe n'arrivant pas ou arrivant moisie, on ne croira jamais payer son froment trop cher.

Or les espérances de l'acclimatation du froment au Congo sont sérieuses. Au Tanganika, les Pères Blancs avaient trouvé cette culture chez les Arabes. Ils l'ont développée. Dans notre région, le Bas-Congo, la plupart des variétés d'Europe avaient été expérimentées à Kisantu ; mais, bien que la végétation fût satisfaisante, les épis restaient vides, atrophiés.

En 1910, le Fr. Gillet reçut des Pères Blancs, des graines de leur variété spéciale : Triticum durum Desf. var. leucurum. Alef. Il en obtint une récolte remarquable.

L'année suivante, même bon résultat en saison sèche ; mais insuccès en saison des pluies.

En 1912, en saison sèche, sur 18 ares irrigués, il récolta 133 kilogr. Sans les oiseaux et les souris, c'était 400 kg. c'est-à-dire 2000 kg. l'Hectare, qu'il y avait lieu, semble-t-il, d'espérer. Une bonne fumure organique avait été appliquée.

En 1913, les essais ont continué avec engrais chimiques, et irrigation intermittente. Malheureusement, la qualité de la semence récoltée en 1912, laissait à désirer. Sur les parcelles, qui avaient reçu un simple amendement de chaux ou une fumure incomplète, les rendements ont été faibles et trop irréguliers pour qu'on puisse tabler sur eux.

Sur 25 ares ayant reçu une fumure complète, la récolte a été par contre de 310 kg., soit 1240 kg. l'Hectare. Le grain est beau. Il a livré un pain de bonne qualité, supérieur à celui qu'on fait avec de la farine importée.

C'est un succès encourageant. Avec une bonne semence, comme sera celle récoltée en 1913, et dont nous avons un échantillon sous les yeux, on pourra obtenir, très probablement, une récolte bien plus forte.

L'effet du phosphate Thomas sur la production du grain, a été marqué : avec de fortes doses d'engrais phosphatés, « les épis étaient pleins ; ailleurs, beaucoup avaient la moitié supérieure vide ».

Nous ne pouvons terminer sur cette question du froment, ces indications sur un jardin d'essais congolais. Ce serait fausser leur portée.

Dans la liste très longue des plantes, introduites à Kisantu, il est utile d'en relever, concurremment avec le froment, plusieurs autres, à des titres divers.

Plantes alimentaires :

La pomme de terre céléri « Arracacia xanthorhiza » Bancr. est parmi les plus importantes. Elle a sa place à part parmi les légumes de première nécessité.

Reçue du jardin Colonial de Laeken, il y a quatre ans, elle était plantée, propagée et appréciée déjà comme succédané du céléri et d'autres légumes-racines accessoires, quand l'art culinaire d'une dame belge la mit à la mode dans notre région, pour remplacer, surtout en friture, la pomme de terre elle-même.

A ce titre de féculent, base des repas, elle tient le record à la table des blancs, préférée généralement aux produits trop fades de nos pommes de terre introduites, aux patates douces, aux fruits de l'arbre à pain, aux taros, aux ignames mêmes.

Comme pour le froment, la saison sèche est l'époque où elle prospère davantage. Cependant avec un peu de soin, elle résiste convenablement en saison des pluies.

Plantes à épices :

A enregistrer le succès des *Pimenta vulgaris*, Lindl. Piment toute épice, et des *Canneliers*. Leur croissance est rapide ; leur rusticité très grande. On les croirait dans leur pays d'origine.

L'acclimatation du vrai muscadier : le *Myristica fragrans*, Hout, est dans la série des arbres à épices, la plus intéressante, vu la rareté des pays où la plante trouve des conditions favorables de croissance.

A Kisantu, les deux spécimens du jardin, un arbuste mâle et un arbuste femelle, ont pris un beau développement. Ils atteignent environ 4 mètres de haut, et se présentent comme de beaux pêchers à rameaux très fournis. En 1911-1912, les fruits furent nombreux et vinrent bien. Ils croissent dans un vallon, à humus peu épais, à sous-sol compact d'argile, mêlée de pierres schisteuses et de cailloux, en somme dans un endroit peu favorable. Leur adaptation mérite d'autant plus d'être signalée.

Plantes textiles et plantes de vannerie :

Parmi les innombrables plantes à fibres du Congo, deux s'indiquent, comme réservées à une industrie qui commence à se développer au fur et à mesure de la pénétration des Blancs : L'*agave sisal* et le *Cephalonema polyandrum*, K. Sch. ou « M'punga » indigène. Elles fourniront de plus en plus la corderie.

L'agave sisal, à cause de ses fibres longues et fortes, fait l'admiration de nos écoliers. Ils y recourent, de préférence, à toute autre variété, spontanément pour se procurer du fil naturel.

Le « M'punga » est la plante envahissant spontanément tous les vieux « massôlés », défrichements du Moyen-Congo. Ses fibres sont grossières. Mais on peut s'en procurer d'immenses réserves, sans peine. La fabrication des cordes, que les plus petits gamins noirs savent rouler avec habileté, est l'occupation occasionnelle, la meilleure, pour le personnel d'un poste, les jours de pluie et de mauvais temps.

Eremospatha Haullevilleana, De Wild. Le rotang du Congo, palmier-liane, donnant des câbles naturels de dix mètres de long, commence à servir dans les ouvrages de vannerie, imités de l'industrie de Ténériffe.

Les écoliers de l'école professionnelle de Kisantu arrivent à en faire des chaises, fauteuils, tables, étagères et meubles de fantaisie, avec assez de goût. Ces ouvrages seront, sans doute, bientôt recherchés au même titre que les cannes de borassus, dans le commerce des « Souvenirs du Congo ». Les bambous

ne manquent pas et fournissent la matière première complémentaire. Ils sont déjà répandus un peu partout.

Un bon juge augurait un grand développement pour la vannerie au Congo. Les noirs sont remarquablement habiles déjà, dans la fabrication de leurs nattes et de leurs paniers. Ce métier tranquille, n'exigeant qu'une installation sommaire, aurait, d'autre part, des débouchés dans le pays même. Et à un point de vue supérieur, on ne pourra qu'applaudir à tout progrès dans l'ameublement des misérables chimbèques.

Plantes ornementales :

Le Fr. Gillet fait remarquer dans son catalogue le succès curieux des *Conifères* sous les Tropiques.

Les *Juniperus*, *Thuya* et *Araucaria* orneront un jour, au Congo, les cours et les avenues des Centres blancs, comme à Ténériffe, comme dans l'Afrique Australe.

Leur verdure sombre, au cachet de distinction si marqué, tranche fortement au milieu des panaches ondoyants des cocotiers et des palmiers.

Parmi ceux-ci, une variété inédite, le *Mabondo* indigène, est à mentionner.

C'est un palmier à feuilles entières. Il mérite une place dans nos serres chaudes d'Europe. Ses touffes de grandes et larges frondes, au rachis brun lisse, ressortant sur le vert pâle satiné du limbe, sont d'un effet vraiment riche. Ce sera peut-être une nouveauté dans le genre.

Dire que les noirs se servent de ces superbes feuilles comme tuiles de leurs huttes en torchis !

Arbres de rapport :

A Kisantu, on a planté successivement depuis dix ans, environ deux hectares de funtumias, cinq hectares d'heveas, deux ou trois hectares de café. Pour des motifs divers, on n'escompte guère de bons résultats qu'avec le café.

A Sanda-St-Antoine, le R. P. de Vos avait pris l'avance avec trois ou quatre hectares de manihots et deux hectares de café. Là encore, le café seul a vraiment réussi ; mais l'essai est très intéressant, car grâce à un débouché local assuré, il permettra peut-être à ce poste détaché, de vivre de ses ressources et de se développer en un village chrétien modèle.

Essences de reboisement :

Le genre *Eucalyptus* ne peut être oublié, dans la recension des plantes d'avenir, d'avenir immédiat au Congo.

L'*Eucalyptus globulus* si apprécié dans la zone méditerra-

néenne, vivote avec peine sous l'équateur. A Kisantu, des tiges poussent et dépérissent annuellement l'une après l'autre, sans que la souche parvienne à former un véritable arbuste.

Mais les *Eucalyptus robusta, longifolia, viminalis* et d'autres encore, ont fait leurs preuves.

Le système préféré pour l'établissement d'une plantation est le suivant : On sème, en pots de bambous, sous un abri quelconque, une pincée de graines par pot. -- On arrose régulièrement. Quand les jeunes plantes ont 20 centimètres, on les met en place, en les laissant dans leur bambou. Il y a peu de pertes.

A Kisantu, on plante dru, comme pour les pins sylvestres en Belgique.

Au bout d'un an, les arbres ont 1,50 m. de haut et la progression reste ensuite rapide.

Les branches inférieures meurent et font un bon bois de chauffage. Les arbres montent tout droits, très réguliers.

Au bout de dix ans, nous avons pu en abattre et en débiter en bonnes planches, sans guère de déchets. L'aubier, inutilisable, est presque nul.

La plantation serrée peut s'exploiter par élagages successifs pour baliveaux, perches, chevrons.

Il semble bien que l'essence s'accommode mieux des hauteurs. Mais en terrain humide, les résultats sont bons aussi.

Au jardin d'essais, en plantation plus espacée, à 4, 6 ou 10 mètres, on a pu se servir des Eucalyptus, comme arbre d'ombrage pour les Caféiers. Cf. Auguste Chevalier, dans l'AGRONOMIE TROPICALE.

Un grand avantage de l'Eucalyptus parvenu à un certain âge est d'être protégé par son écorce feutrée contre les feux de brousse, toujours possibles malgré les plus grandes précautions.

J'ai vu une plantation se tirer parfaitement de l'aventure. L'arbre brûlé repousse en tout cas, du pied.

Sous ce rapport, un arbre de cette famille donne plus de garanties encore : le *Melaleuca leucadendron* à bois incorruptible, malheureusement de plus faible dimension. Une étoupe épaisse enveloppe le tronc et les branches, comme un manchon d'amiante.

La plantation de Kisantu fut, un jour, envahie par un incendie de brousse vraiment épouvantable, et cependant les plantes ne souffrirent pas : quelques feuilles brûlées, ce fut tout.

Le *Melaleuca* est un arbre assez difficile à obtenir : Ses

semences extrêmement fines doivent être semées à la surface d'une terre de bruyère ou d'un terreau bien tamisés. Les arrosages doivent être surveillés. Mener à bien le semis au Congo, est chose méritoire, concluait le Fr. Gillet, après plus d'une constatation.

Mais aussi quelles jolies allées, quels gracieux massifs font ces arbres aux troncs blancs comme nos bouleaux, au feuillage vert glauque très léger, aux thyrses de fleurs blanches, comme des lilas !

A San-Thomé, il y en a des promenades remarquables. Et au Congo, où la question du reboisement est posée, où l'épuisement rapide en bois d'œuvre et même en bois de chauffage, dans les alentours immédiats des grands centres, exige des mesures de prévoyance bien adaptées au pays, il est bon que l'attention soit attirée souvent sur les particularités précieuses qu'on vient de lire.

Kisantu est instructif, au point de vue agricole. Grâce au jardin d'essais, plus d'une étape a été franchie dans les tâtonnements inévitables d'un début de colonisation.

Bien des essais ont été infructueux, et la rareté de la main-d'œuvre a empêché le succès de beaucoup d'autres.

Ainsi en est-il, par exemple, de la culture des arachides tant prônée au Sénégal.

Voici, d'ailleurs, quel est l'état actuel général du poste : La culture du riz occupe d'assez vastes campagnes ; les plantations d'Eucalyptus, ombrageant souvent des Caféiers, sont une caractéristique de son panorama.

La brousse, les prairies naturellement améliorées, ou envahies peu à peu par le *Cynodon*, prennent la grande place. Le bétail gros et petit prospère suffisamment ; les chevaux s'y sont ajoutés et donnent des espérances.

Si l'on songe que, dans le fond de la vallée, un jardin d'acclimatations et d'essais a été continuellement à même de fournir les indications pour les directions les plus efficaces, on admettra que dans ces caractéristiques générales, se retrouvent des indices importants pour de grandes exploitations futures dans le Moyen-Congo.

Dans cette analyse commentée de l'excellente étude de M. le chanoine Smets, nous avons tâché de relever les points spéciaux qui semblent indiquer actuellement l'orientation de la culture agricole dans la région.

M. Renier, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

I

Leçons sur la théorie des nombres professées au Collège de France par A. Chatelet, ancien élève de l'École normale supérieure, chargé de cours à la Faculté des sciences de Toulouse. Un vol. in-8° de 156 p. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

On sait que la Fondation Peccot permet de confier chaque année à un jeune mathématicien le soin de faire un certain nombre de leçons sur un sujet spécial choisi dans les régions élevées de la science. C'est, bien entendu, la théorie moderne des fonctions et des équations différentielles qui a fourni la plupart de ces sujets pour donner ensuite naissance à autant d'intéressantes monographies de la collection Borel. Tel a été le cas des volumes, aujourd'hui bien connus, dus à MM. Lebesgue, Baire, Boutroux, Zoretti. C'est dans les mêmes conditions que M. Châtelet a été amené à produire celui que nous signalons ici ; mais, sous l'influence sans doute de l'enseignement magistral donné, au Collège de France même, par M. G. Humbert, c'est cette fois, à la Théorie des nombres que ce jeune mathématicien a emprunté son sujet et c'est pourquoi, bien qu'étroitement apparenté aux publications que nous venons de rappeler, il paraît en dehors de la collection Borel qui ne vise que la seule théorie des fonctions.

Si, d'ailleurs, le domaine de l'Arithmétique supérieure est, au moins en France, un peu négligé pour celui de l'Analyse par la nouvelle génération des chercheurs, on ne peut que se féliciter de voir un jeune géomètre français s'attacher à une étude au fronton de laquelle brillent les noms de Legendre, de Galois et d'Hermite.

« J'ai essayé, dit l'auteur dans sa Préface, de faire une sorte

d'introduction à l'étude des notions et théories nouvelles introduites depuis une soixantaine d'années en Arithmétique supérieure, un peu comme conséquence des travaux de Gauss et sous l'influence des idées de Galois et d'Hermite. Ce livre peut ainsi être considéré comme un complément aux Traités français actuels de théorie des nombres (*Algèbre* de Serret, *Leçons* de J. Tannery rédigées par MM. Borel et Drach, *Traité* de M. Cahen, etc.), Traités qui sont limités aux théories de Legendre, Jacobi et Gauss ».

L'auteur, qui suppose au lecteur la connaissance des éléments classiques de l'Algèbre et de l'Analyse, la complète dans le Chapitre I, par diverses notions moins répandues, telles que la notation des tableaux (exposée surtout d'après les travaux de Laguerre et de M. Jordan), le langage géométrique appliqué aux fonctions de n variables (géométrie à n dimensions), la généralisation de la notion de distance indiquée par Minkowski et le volume d'un corps convexe dans l'espace à n dimensions.

C'est dans le Chapitre II, qu'est abordé l'objet propre du volume par la théorie des modules de points, étant entendu par *point* (dans le langage figuré dont il vient d'être question) un système de n nombres, et par *module* un ensemble dont le mode de composition ne diffère de celui d'un groupe que parce que le rôle d'opération constitutive y est joué par l'addition au lieu de la multiplication. C'est à M. Dedekind qu'on doit surtout le développement de cette théorie qui a trouvé ses premières assises dans les travaux d'Hermite. Très heureusement, l'auteur a su s'en servir pour relier, au Chapitre III, un assez grand nombre de résultats qui pouvaient apparaître tout d'abord comme assez éloignés les uns des autres, tels que ceux qui se rapportent aux sujets suivants : divisibilité des entiers ordinaires, approximations des irrationnelles, équations diophantiques, théorie des entiers complexes algébriques, périodes des fonctions, etc.

Les nombres algébriques (racines d'équations à coefficients rationnels ou entiers), dont l'étude semblait à Hermite l'un des principaux objets de la Théorie des nombres, fournissent la matière des Chapitres IV et V où sont spécialement envisagées les propriétés des entiers d'un corps algébrique qui, bien que généralisant à certain égard celles des entiers ordinaires, s'en écartent assez sensiblement, lorsqu'y intervient la notion de division. L'auteur se trouve ainsi amené à exposer les principes fondamentaux de la théorie des *idéaux*, introduite dans la science par M. Dedekind.

Le Chapitre VI est consacré au principe si important de la *réduction continuelle* d'Hermite grâce auquel il est possible de pénétrer plus avant dans la théorie des entiers des corps algébriques et des idéaux. Il se termine par la démonstration des deux célèbres théorèmes de Minkowski permettant d'indiquer des conditions nécessaires de réduction qui peuvent suffire au moins pour l'application aux nombres algébriques. Il convient, au reste, de noter que M. Châtelet ne s'est pas astreint à suivre pas à pas les auteurs de ces difficiles théories dans l'exposé qu'ils en avaient primitivement donné et, par exemple, qu'il a quelque peu modifié la méthode de réduction continuelle d'Hermite.

Au Chapitre VII est effectuée la réduction d'une base d'un corps algébrique ; c'est sans doute là le premier exposé d'ensemble rédigé en français sur la question.

Trois notes, de grand intérêt, terminent le volume. Voici comment l'auteur en indique le but : « Dans la première, j'ai exposé l'application de la théorie des modules de points aux périodes des fonctions, ce qui m'a permis d'indiquer, d'après M. Esclangon, la définition et quelques propriétés arithmétiques des *fonctions quasi-périodiques*. Dans la deuxième, on trouvera une application numérique, à un corps quadratique, des définitions et principes énoncés pour les corps algébriques généraux. C'est un peu plus qu'un exemple numérique ; j'ai indiqué succinctement à propos du cas particulier considéré, des procédés de recherche applicables à tous les corps quadratiques. J'espère que ceci compensera un peu l'absence d'une théorie particulière de ces corps, le cadre forcément restreint de ces leçons ne m'ayant pas permis de l'y introduire. Enfin, dans la troisième note, on trouvera quelques notions complémentaires sur l'Arithmétique des Idéaux ».

Il faut souhaiter que ces Leçons très soignées sur la théorie des nombres attirent de nouveaux adeptes à ce genre d'étude trop délaissé de nos jours, où de puissants esprits, comme Hermite, voyaient en quelque sorte le centre même de toute la mathématique.

M. O.

II

Cours d'Analyse infinitésimale, par Ch.-J. de la Vallée Poussin, tome I, troisième édition. — Louvain, A. Uystpruyst-Dieudonné.

Ce tome I, troisième édition, et le tome II, deuxième édition, vont être traduits en allemand et nous attendons, avec impatience, un tome III, grâce auquel l'ouvrage rendrait de précieux services aux étudiants français.

M. de la Vallée Poussin perfectionne constamment ses livres. Ce tome I est le seul ouvrage où l'on trouve un exposé didactique de l'*Intégrale de Lebesgue*. Dans la troisième édition, cet exposé méthodique est rendu encore plus simple et, de plus, il est *complété* (Intégration par substitution, page 280 — Dérivées secondes généralisées, page 285). Nous sommes ici à un point culminant de la science actuelle.

La théorie des *courbes fermées* est présentée d'une façon nouvelle et très précise (page 372).

Dans la partie géométrique, toutes les hypothèses sur la *dérivabilité* sont précisées. Enfin, MM. Fréchet et Young ayant défini, d'une manière nouvelle et avantageuse, la *différentielle totale*, l'auteur s'inspire de cet exposé récent, dans les premiers principes du livre. L'ouvrage de M. de la Vallée Poussin peut être comparé à celui de M. Camille Jordan. C'est tout dire.

X.

III

Leçons sur les principes de l'Analyse, par R. d'Adhémar, professeur à la faculté libre des Sciences de Lille, avec une Note de S. Bernstein, privat-docent à l'Université de Kharkow. Tome II. Fonctions synectiques. — Méthodes des majorantes. — Équations aux dérivées partielles du premier ordre. — Fonctions elliptiques. — Fonctions entières. — Un vol. de VII-297 p. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

Le second volume de ces leçons était le complément nécessaire du premier et il est conçu dans le même esprit. L'auteur ne

s'est proposé ni de détrôner les ouvrages classiques ni d'épuiser les questions dont il parle. Il sait choisir et se borner et il le fait avec art. Son livre, plutôt qu'un traité complet, est une introduction aux problèmes fondamentaux de l'Analyse, ouvrant de larges perspectives sur ces matières, les unes déjà vieilles, les autres récentes, s'attachant à faire saisir en peu de pages l'enchaînement des parties et l'harmonie de l'ensemble et ne s'attardant pas à la minutie des détails. Il est fait pour éveiller la curiosité des élèves et leur faire saisir l'attrait de problèmes choisis parmi les plus beaux qui se posent aux mathématiciens.

Il facilitera singulièrement la lecture des traités plus complets et plus difficiles. A ma connaissance, aucun ouvrage didactique n'est, en si peu de pages, plus initiateur que celui de M. R. d'Adhémar et ce traité est en même temps un modèle d'élégance dans l'exposition.

Ceux qui s'intéressent aux problèmes nouveaux trouveront aussi leur compte dans la lecture de la note de M. Bernstein *Sur les séries normales*. C'est à M. Bernstein que la théorie des séries de polynomes est redevable de ses plus brillants progrès dans tous les sens ; c'est assez dire l'intérêt qui s'attache à une Note, due à cet habile géomètre, sur l'un des problèmes fondamentaux qu'il a lui-même posés relativement à ces séries.

C. V. P.

IV

Les principes de l'Analyse mathématique. Exposé historique et critique, par Pierre Boutroux. — Paris, Librairie scientifique, A. Hermann et fils.

Le livre de M. Pierre Boutroux aura du succès, car c'est un livre dont le plan est très original. Ce n'est ni un *Cours d'Analyse*, puisque, en général, les démonstrations ne sont pas données - ni une *Histoire des Mathématiques*, car, en général, l'historien donne beaucoup moins d'explications techniques.

C'est une initiation profonde aux mathématiques, historique, philosophique, technique. Nous savions M. Pierre Boutroux géomètre distingué et comment ne serait-il pas philosophe ? Nous constatons, de plus, qu'il est très érudit, car il remonte fréquemment aux vieilles civilisations hindoue, grecque, arabe,

pour nous montrer l'origine de tel nombre, de telle opération, de telle figure, de telle fonction....

Un jeune étudiant, encore étranger au monde mathématique, apprendra facilement, dans ce livre, ce qu'est l'algèbre, ce dont s'occupe la géométrie, ce que sont les équations différentielles, intégrales, fonctionnelles....

R. D'ADHÉMAR.

V

LEÇONS SUR LES ÉQUATIONS INTÉGRALES ET LES ÉQUATIONS INTÉGRO-DIFFÉRENTIELLES, professées par VITO VOLTERRA, Professeur à l'Université de Rome et publiées par M. TOMASETTI et F. S. ZARLATTI. Un vol. in-8° de 164 p.

LEÇONS SUR LES FONCTIONS DE LIGNES, professées à la Sorbonne par VITO VOLTERRA, recueillies et rédigées par J. PÉRÈS. Un vol. in-8° de 230 p.

(Ouvrages faisant partie de la *Collection de monographies sur la théorie des fonctions)*. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

C'est une heureuse fortune pour la très intéressante collection qu'avec une si parfaite compétence dirige M. Borel, de s'être enrichie d'un exposé des théories les plus neuves de la haute analyse émanant d'un de leurs principaux artisans. On sait, en effet, que M. Volterra a été le premier à se livrer à une étude systématique des notions nouvelles auxquelles sont consacrées ses deux séries de leçons, professées l'une à Rome en 1910, l'autre à Paris en 1912.

L'idée qui est à la base de ces études tout à fait transcendantes réside dans une extension hardie de la notion de fonction, procédant d'un accroissement indéfini du nombre des variables dont dépend une certaine quantité. On peut, en effet, envisager « des quantités qui dépendent de toutes les valeurs qu'une ou plusieurs fonctions prennent dans un champ donné ; par exemple, la température dans l'intérieur d'un corps dépend de toutes les valeurs de la fonction qui exprime la température au contour ». On peut aussi imaginer qu'une quantité possède une valeur qui dépende de la forme d'une certaine ligne ; par exemple, si un point fixe se trouve en présence d'un circuit électrique qui se déforme, la composante magnétique qui en

résulte sur ce point est fonction de la ligne qui constitue le circuit.

On conçoit, au moins en gros, le genre de questions que peuvent soulever de telles études. M. Volterra, qui, nous le répétons, a été le premier à s'en occuper d'une façon systématique, s'est efforcé de leur appliquer uniformément une méthode de passage à la limite en partant des propriétés connues des équations à un nombre fini de variables et faisant croître ce nombre indéfiniment. C'est en appliquant ce processus à partir des équations linéaires algébriques que M. Volterra est parvenu au premier type d'équation intégrale qui porte aujourd'hui son nom. Il développe, au Chapitre II du premier des deux volumes ici analysés, la théorie de ce type d'équation qui se résume en trois principes fondamentaux dits, par l'auteur lui-même, de *convergence*, de *réciprocité* et d'*inversion*.

Cette théorie présente une connexité manifeste avec celle de l'équation de Fredholm, mais cette dernière soulève de bien plus grosses difficultés. Elle admet les mêmes principes de réciprocité et d'inversion que la précédente, mais le principe de convergence y est différent, les fonctions holomorphes du cas de Volterra devenant ici méromorphes.

L'auteur commence par exposer cette théorie, bien célèbre aujourd'hui, en suivant l'analyse même de Fredholm. Il montre ensuite comment les résultats de cette théorie peuvent s'obtenir par le procédé de passage à la limite en partant d'un système algébrique. Ce procédé constitue assurément une voie naturelle pour y atteindre, mais ne dispense pas d'une vérification *a posteriori*.

La haute importance de ces théories nouvelles réside surtout dans l'application qu'elles comportent au traitement des équations que nous offre la physique mathématique. M. Volterra en traite divers exemples particulièrement intéressants se rapportant au problème de Dirichlet, aux vibrations, aux oscillations des liquides.

Le premier volume se termine par un chapitre relatif aux équations intégro-différentielles et aux fonctions permutables qui fournit un aperçu sur les théories traitées beaucoup plus en détail dans le second.

Ce second volume, non moins important que le précédent sous le rapport mathématique, offre, en outre, l'intérêt de renfermer, dans le premier et dans le dernier chapitre, un résumé des idées

philosophiques de l'auteur, dont quelques-unes, tout au moins, ne manquent pas d'originalité.

Dans le premier chapitre, M. Volterra met en lumière l'évolution des idées fondamentales du calcul infinitésimal, de façon à situer exactement, dans le domaine général des idées mathématiques, les méthodes nouvelles qui se sont développées en ces dernières années. Ce morceau capital serait à méditer par quiconque est soucieux de se rendre compte du rôle qu'est appelée à jouer l'analyse mathématique dans le développement général de nos connaissances.

Le dernier chapitre est consacré à l'application du calcul aux phénomènes d'hérédité que ces méthodes nouvelles ont, pour la première fois, permis d'aborder ; il faut entendre par là les phénomènes dans lesquels l'état actuel dépend de la suite continue de tous les états antérieurs.

Après avoir nettement mis en évidence l'origine des équations différentielles ordinaires ou aux dérivées partielles auxquelles se ramènent les problèmes de la mécanique ou de la physique mathématique classiques, M. Volterra souligne le fait qu'une telle mise en équations implique « la conception d'après laquelle chaque action ne se manifeste que dans l'instant où elle agit, c'est-à-dire ne laisse pas un héritage dans le futur, ce qui revient à supposer que le système ne conserve pas la mémoire des actions qui l'ont sollicité dans le passé ».

Or, en réalité, dans un grand nombre de cas, il n'en est pas ainsi et l'on peut dire, en se servant d'une comparaison très heureuse due à M. Volterra lui-même, que, de même que les phénomènes régis par la loi d'attraction newtonienne se passent comme s'il y avait des actions à distance *dans l'espace*, certains phénomènes se manifestent comme s'il y avait des actions à distance *dans le temps*, et c'est leur ensemble qui constitue ce qu'on peut appeler avec M. Émile Picard, la mécanique ou la physique *héréditaire*.

On peut citer de nombreux exemples de tels phénomènes dans le domaine de l'élasticité (variations de la déformation produite par une même charge suivant les états antérieurs à l'application de cettte charge), dans celui du magnétisme (phénomènes d'*hystérésis* et de *trainage*), etc.

Eh bien, lorsqu'on cherche à mettre en équations les problèmes qui se posent quand on se place à un tel point de vue, on tombe, suivant le cas, sur les *équations intégrales* ou *intégro-différentielles* (qui font l'objet du dernier chapitre dans le

volume précédent), auxquelles il conviendrait de joindre aussi les *équations aux dérivées fonctionnelles* étudiées récemment, de si remarquable façon, par M. Paul Lévy.

Les Chapitres II, III et IV, qui traitent des principes de la théorie des fonctions de lignes et de ses rapports avec le calcul des variations, constituent une sorte de résumé de la matière du précédent ouvrage, accru toutefois de remarques nouvelles.

Le Chapitre V est consacré à l'étude d'une équation intégro-différentielle du type elliptique qui peut être regardée comme l'analogue en ce domaine de la classique équation de Laplace dans le domaine des équations aux dérivées partielles.

D'autres équations intégro-différentielles du même type, qui se présentent en physique mathématique, sont étudiées au Chapitre VI.

Le Chapitre VII offre une importance spéciale par la notion qu'il introduit sous le nom de *principe du cycle fermé*, dont le rôle est fondamental dans l'étude des phénomènes héréditaires comme ceux d'hystérésis magnétique et électrique. La circonstance capitale à ce point de vue est celle de l'invariabilité de l'hérédité, étant caractérisé par là le fait que l'état en un certain instant ne dépendra pas de cet instant, mais sera entièrement déterminé par la façon dont s'est développée l'histoire antérieurement à cet instant, ou encore que la loi héréditaire sera invariable dans le temps. L'auteur montre que, au point de vue analytique, ce fait est lié à celui qui consiste en ce que si la cause varie périodiquement, il en est de même de l'effet.

Avec le Chapitre VIII se poursuit l'application des principes de la nouvelle analyse à des phénomènes physiques (problème de la sphère élastique isotrope avec hérédité). L'auteur se borne d'ailleurs au cas où les déplacements au contour sont donnés. Si ce sont les tensions au contour qui sont connues (ce qui est effectivement le cas la plupart du temps), le problème se complique et sa solution exige de nouveaux développements analytiques donnés au Chapitre IX et dont la portée dépasse, au reste, de beaucoup ce problème particulier. Cette nouvelle théorie est celle de la *composition* et des *fonctions permutables*, également due à M. Volterra, et qui, fondée sur l'emploi d'une algorithmie spéciale, remplace des calculs très compliqués par des opérations relativement simples.

L'application de cette théorie à la résolution des équations intégro-différentielles est développée dans le Chapitre X.

La détermination des fonctions permutables avec une fonction

donnée et l'application des résultats obtenus à la résolution des équations à points critiques fait l'objet du Chapitre XI.

Une autre espèce de permutabilité (dite deuxième espèce) est envisagée au Chapitre XII. Elle s'applique à des intégrations à limites fixes (comme celles de l'équation de Fredholm) et joue un rôle analogue à la précédente dans l'étude d'équations intégrales où figurent de telles limites. Les services que peut rendre cette notion sont donc, en ce domaine, de même ordre que ceux qui sont résultés de la précédente dans l'étude des équations du type Volterra, mais il faut convenir que les difficultés qui se rencontrent en ce nouveau cas sont plus sérieuses en raison surtout de la question de convergence. La première méthode comporte, en effet, un champ de convergence comparable à celui de la fonction exponentielle, même si la série qui figure dans l'équation de départ ne possède qu'un champ de convergence limité, alors qu'il n'en est pas ainsi avec la seconde méthode.

L'application de la méthode à la résolution des équations intégrales et intégro-différentielles à limites fixes est, d'ailleurs, exposée au Chapitre XIII.

Il est évidemment superflu d'insister longuement sur l'importance primordiale des nouvelles théories d'analyse dont M. Volterra a été l'un des principaux artisans et dont on doit attendre de nouvelles conquêtes dans le champ de la physique mathématique et, par suite, l'ouverture de nouveaux horizons sur le domaine de la philosophie naturelle. Un exposé comme celui que renferment les deux volumes dont il vient d'être question sera d'un puissant secours pour tous ceux qui voudront tenter de se ranger parmi les pionniers de ce travail d'avancée vers les plus hauts sommets de la science.

M. O.

VI

Les systèmes d'équations linéaires a une infinité d'inconnues par Fr. Riesz, Professeur à l'Université royale hongroise de Kolozsvar (Ouvrage faisant partie de la *Collection de monographies sur la théorie des fonctions)*. Un volume in-8° de 182 p. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

La matière de ce volume est d'origine toute récente et l'on peut dire qu'en essayant d'en donner un exposé systématique

M. Riesz a fait œuvre vraiment originale. Elle ne s'est présentée, pour la première fois, sous forme autonome, que dans un célèbre mémoire de Poincaré qui date de 1886 ; mais, ainsi que l'auteur en fait très justement la remarque, « l'attention générale n'y fut attirée, en réalité, que par deux mémoires de M. Hilbert, parus en 1906 et faisant partie d'une série de mémoires sur l'équation de Fredholm ; dès lors, la théorie se dégageait rapidement et l'importance et l'inattendu des résultats acquis firent presque oublier tout ce que l'on en possédait déjà auparavant ».

Et l'auteur ajoute aux lignes qui précèdent cette réflexion, d'une portée tout à fait générale, à laquelle ne saurait échapper aucune doctrine nouvelle : « Cependant, les théories ont leurs commencements : des allusions vagues, des essais inachevés, des problèmes particuliers ; et même lorsque ces commencements importent peu dans l'état actuel de la science, on aurait tort de les passer sous silence. »

La première apparition, sur l'horizon mathématique, des systèmes infinis d'équations linéaires à un nombre infini d'inconnues a eu pour occasion une application due à Fourier et relative à la théorie analytique de la chaleur, de la méthode des coefficients indéterminés au calcul des coefficients de développements en série représentant des solutions de certaines équations aux dérivées partielles. Chose curieuse : le résultat auquel aboutit Fourier, quoique exact, n'a été établi par lui que grâce à des déductions que la rigueur introduite en ce domaine par les recherches contemporaines permet de tenir pour non justifiées. Il s'en faut toutefois qu'elles aient perdu, telles qu'elles ont été produites, toute espèce de valeur aux yeux des analystes d'aujourd'hui, attendu qu'on y rencontre le germe d'un principe qui, amené à une forme entièrement rigoureuse, se montre extrêmement fécond ; c'est celui que notre auteur désigne sous le nom de *principe des réduites*.

Les premières recherches critiques sur le sujet ont, ainsi que nous venons de le rappeler, été entreprises par Poincaré. Elles avaient été provoquées par une intéressante note de M. Appell, parue en 1885, qui traitait de l'application de la méthode des coefficients indéterminés au développement de certaine fonction elliptique en série trigonométrique.

Le rappel de toutes ces recherches préliminaires fait l'objet du premier chapitre du volume où sont encore rappelés sommairement les travaux connexes de Fürstenau et de Kötteritzsch.

Un pas décisif fut fait dans la voie qui nous occupe le jour où Poincaré, à cela incité par les recherches très intéressantes (mais d'une rigueur insuffisante sous le rapport analytique) de M. Hill sur le mouvement du périgée de la lune, jeta les premiers fondements de la théorie des déterminants infinis, développée par l'auteur dans le Chapitre II ; c'est, d'ailleurs, à M. von Koch que l'on doit, à partir des travaux de Poincaré, le développement de cette théorie nouvelle dont on peut dire qu'il est parvenu à établir tous les résultats essentiels.

Le Chapitre III contient l'essai d'une théorie générale pour l'application de la méthode classique des déterminants aux systèmes infinis qui s'inspire surtout des travaux de M. E. Schmidt, mais sous une forme légèrement généralisée.

Antérieurement à la théorie de M. Schmidt, M. Hilbert en avait donné une autre moins générale que celle-ci, mais beaucoup plus efficace que celle des déterminants, qu'il avait fondée sur l'étude des formes quadratiques et des formes bilinéaires à une infinité de variables. Cette théorie est exposée dans les Chapitres IV et V, avec des développements du plus haut intérêt sur plusieurs points desquels se manifeste la contribution personnelle de l'auteur.

Le Chapitre VI est réservé à quelques applications destinées à faire saisir la portée des théories qui précèdent sur des exemples bien caractéristiques. La première se rapporte aux équations différentielles linéaires comprenant comme cas particulier celle que M. Hill a rencontrée dans l'étude du mouvement du périgée de la lune et qui a conduit ce savant astronome à faire un premier pas dans la voie aboutissant au domaine exploré dans le présent ouvrage. La seconde vise les équations intégrales linéaires dont on sait que M. Hilbert a ramené la résolution à celle des systèmes infinis d'équations linéaires à une infinité d'inconnues. D'ailleurs, ainsi que l'auteur en fait la remarque, « les relations entre les deux théories ne se limitent pas à une analogie formelle, mais on peut établir entre leurs objets une correspondance réelle », et cette étroite analogie ne se fait pas seulement sentir dans les résultats de ces théories, mais même encore dans les raisonnements qui permettent d'y parvenir. Enfin, la dernière application a trait aux séries trigonométriques et notamment au problème qui a pour objet de déterminer les deux bornes d'une fonction réelle donnée par son développement en série de Fourier.

L'exposé de M. Riesz, très savant, très solide, et d'une forme

agréable, peut être regardé comme marquant un stade dans le développement de la branche nouvelle d'analyse à laquelle il est consacré.

M. O.

VII

Encyclopédie des sciences mathématiques. Édition française publiée sous la direction de J. Molk. — Tome I, vol. 2, fasc. 4. Tome II, vol. 1, fasc. 2 ; vol. 4, fasc. 1 ; vol. 5, fasc. 1 ; vol. 6, fasc. 1. — Tome IV, vol. 2, fasc. 1 ; vol. 5, fasc. 1. — Tome VII, vol. 1, fasc. 1. — Paris, Gauthier-Villars, et Leipzig, Teubner.

Depuis la dernière note que nous avons consacrée à l'édition française de l'*Encyclopédie des sciences mathématiques* (1), huit fascicules ont paru dont l'énumération est donnée ci-dessus. Les matières qui s'y trouvent traitées sont les suivantes :

T. I, v. 2, f. 4 : *Théorie des formes et des invariants* (suite), d'après l'article allemand de F. W. Meyer (Königsberg), par J. Drach (Toulouse — et aujourd'hui : Paris).

T. II, v. 1, f. 2 : *Recherches contemporaines sur la théorie des fonctions*, sous la direction de E. Borel (Paris), par L. Zoretti (Caen), P. Montel (Paris) et M. Fréchet (Poitiers).

Calcul différentiel, d'après A. Voss (Munich), par J. Molk (Nancy).

T. II, v. 4, f. 1 : *Propriétés générales des systèmes d'équations aux dérivées partielles. Équations linéaires du premier ordre*, d'après E. von Weber (Wurzbourg) par G. Floquet (Nancy).

Équations non linéaires du premier ordre. Équations d'ordre plus grand que un, d'après E. von Weber (Wurzbourg) par E. Goursat (Paris).

T. II, v. 5, f. 1 : *Équations et opérations fonctionnelles*, par S. Pincherle (Bologne).

Interpolation trigonométrique, d'après H. Burkhardt (Munich), par E. Esclangon (Bordeaux).

Fonctions sphériques, d'après A. Wangerin (Halle), par A. Lambert (Paris), avec une note de P. Appell (Paris) et A. Lambert (Paris).

(1) Livraison de Janvier 1912 (p. 280). Au bas de la précédente note relative au même recueil (livraison de Janvier 1910, p. 609), on trouvera le rappel de toutes celles qu'y a déjà consacrées la Revue.

T. II, v. 2, f. 1 : *Calcul des variations*, d'après A. Kneser (Breslau), E. Zermelo (Zurich) et H. Halm (Czernowitz), par M. Lecat (Bruxelles).

T. IV, v. 2, f. 1 : *Fondements géométriques de la statique*, d'après H. E. Timmerding (Brunswick), par Lucien Lévy (Paris).

Géométrie des masses, d'après G. Jung (Milan), par E. Carvallo (Paris).

Cinématique, d'après A. Schœflies (Francfort), par G. Kœnigs (Paris).

T. IV, v. 5, f. 1 : *Notions géométriques fondamentales* [relatives à la physique et à la mécanique], d'après M. Abraham (Milan), par P. Langevin (Paris).

Hydrodynamique (partie élémentaire), d'après A. E. H. Love (Oxford), par P. Appell (Paris) et H. Beghin (Brest).

T. VII, v. 1, f. 1 : *Système de référence et mesure du temps*, d'après E. Anding (Gotha), par H. Bourget (Marseille).

Réfraction et extinction, d'après A. Bemporad (Catane), par P. Puiseux (Paris).

Réduction des observations astronomiques, d'après F. Cohn (Berlin), par E. Doublet (Bordeaux) et L. Picart (Bordeaux).

Détermination de la longitude et de la latitude, d'après C. W. Wirtz (Strasbourg), par G. Fayet (Nice).

Dans une des notes que nous avons précédemment consacrées à cette Encyclopédie, nous émettions la pensée qu'elle représente, pour les sciences mathématiques parvenues à leur actuel développement, l'érudition universelle condensée en un exposé unique. Les nouveaux fascicules parus ne peuvent que nous confirmer en cette manière de voir. A part les détails qui peuvent être négligés dans un tableau d'ensemble, c'est en vérité tout ce qu'on peut savoir aujourd'hui en fait de mathématiques pures ou appliquées qui se rencontre dans cette magnifique publication. Certes — et nous l'avons déjà dit — l'édition allemande, qui précède celle-ci, représente déjà une somme incroyable d'érudition; mais tout ce qui s'y ajoute, dans l'édition française, tant sous le rapport du mode d'exposition, que sous celui des additions, fait de cette dernière un monument incomparable qui marquera fortement dans l'histoire de la science. Jamais, à aucune époque, pour nulle autre branche des connaissances humaines, pareil bilan n'a sans doute encore été dressé.

Au fur et à mesure, d'ailleurs, que l'œuvre progresse, s'accentue davantage, si possible, le perfectionnement qui marque le passage de l'une à l'autre édition ; plus abondantes, plus

développées deviennent les additions. Il est bien remarquable, en particulier, que le fascicule, d'une centaine de pages, cité en tête de la liste ci-dessus, soit entièrement composé d'additions dues à M. Drach et relatives à des sujets fort importants qui n'avaient donné lieu, dans l'édition allemande, qu'à un très court résumé avec quelques indications bibliographiques. Afin de mieux faire saisir sur cet exemple la portée de la remarque que nous faisons ici, nous allons donner la liste des sujets dont le lecteur de l'édition française se trouve ainsi avoir sur celui de l'édition allemande l'avantage de posséder toute la substance ; ce sont les suivants : méthode de Darboux pour la réduction des formes quadratiques et son extension aux formes bilinéaires par Sauvage ; formes bilinéaires symétriques ou alternées ; calcul symbolique des formes bilinéaires d'après Frobenius ; application du calcul symbolique aux formes symétriques ou alternées; transformations automorphes d'une forme quadratique ou bilinéaire ; transformations congruentes des formes bilinéaires quelconques d'après Voss.

La première partie du second des fascicules ci-dessus cités constitue aussi, dans son entier, une nouveauté dans l'édition française. Il n'est pas besoin d'insister longuement pour faire ressortir le haut intérêt qu'offre un exposé condensé de toutes les idées modernes sur les ensembles de points (par Zoretti), sur l'intégration et la dérivation (par Montel), sur les développements en séries (par Fréchet), rédigé, sous la direction si particulièrement compétente de M. Borel, par trois des meilleurs collaborateurs à la collection de monographies sur la théorie des fonctions dont on lui doit la création.

Le même fascicule comprend encore l'article sur les fondements du calcul différentiel rédigé, dans l'édition française, par son propre directeur M. J. Molk, et c'est assez dire le soin qui a présidé à cette rédaction et la richesse des additions qu'elle comporte.

Nous avons déjà eu l'occasion de dire l'action très véritablement dirigeante exercée par M. Molk sur ses collaborateurs (1). Nous ne pouvons que prier le lecteur de se reporter à ce passage, en ajoutant simplement que cette action continue à se dépenser avec la même ardeur et le même succès.

Nous ne saurions évidemment insister sur toutes les amélio-

(1) Livraison de Janvier 1910 de la Revue (p. 282 et 283).

rations qui mériteraient d'être relevées dans les autres nouveaux fascicules de l'édition française dont on a ci-dessus la nomenclature ; les noms des auteurs sont à eux seuls *à priori* une suffisante garantie à ce sujet.

Mais il est une particularité sur laquelle nous croyons devoir attirer l'attention du lecteur, à savoir que les trois derniers fascicules figurant sur la liste donnée plus haut sont, pour l'édition française, les premiers appartenant à des sections du domaine des mathématiques appliquées : mécanique et astronomie. Pour ces sections, M. Molk, tout en continuant de veiller à la réalisation du programme de l'œuvre, a tenu à s'assurer, en ce qui concerne la direction proprement scientifique, le concours d'hommes spécialement compétents. C'est à M. Appell qu'il s'est adressé pour la première, à M. Andoyer pour la seconde ; il ne pouvait évidemment faire de meilleurs choix.

L'article sur les fondements géométriques de la statique, d'après l'article allemand de Timmerding, est le dernier travail auquel ait mis la main le regretté Lucien Lévy alors déjà miné par la maladie qui devait l'emporter ; mais grâce au zèle obligeant de MM. Appell, Study et Timmerding lui-même, et à la collaboration empressée d'un jeune géomètre de grand talent, M. R. Garnier (dont la part dans la rédaction est mise en évidence par une note finale) l'article ne porte nulle trace des pénibles circonstances dans lesquelles a eu lieu son élaboration.

Cet article, le suivant relatif à la géométrie des masses, celui par lequel s'ouvre le volume 5 du Tome IV, qui synthétisent les prolégomènes géométriques des sciences mécaniques et physiques, sont d'un très haut intérêt et dégagent bien nettement des notions qui apparaissent parfois comme un peu noyées dans les sciences dont elles servent à édifier les fondements sous la forme mathématique.

La même observation s'étend, et avec non moins de force, aux théories mathématiques attachées à la science astronomique, dont la publication s'ouvre avec le premier fascicule paru du Tome VII, et qui sont données avec un développement tel que, dans leur ensemble, elles constitueront, en réalité, un véritable traité d'astronomie mathématique.

M. O.

VIII

Bibliographie du calcul des variations (1850-1913), par Maurice Lecat, Docteur en Sciences Physiques et Mathématiques, etc., Collaborateur de l'Encyclopédie des Sciences Mathématiques pures et appliquées. Un vol. in-8° de IV-114 pages. — Gand, Hoste ; Paris, Hermann et fils, 1913.

L'auteur signe : Collaborateur de l'*Encyclopédie des Sciences physiques et mathématiques*. J'y ajoute que sa collaboration a précisément pour objet le calcul des variations. Personne n'était donc mieux préparé que lui pour nous donner la bibliographie de ce calcul. Voici quelques extraits de la *Préface :*

« Le calcul des variations est entré au XXe siècle dans une période de prodigieux développements ; depuis 1900, plus de 400 travaux ont été écrits sur ce sujet. Le champ d'action s'est en même temps élargi : à côté des applications analytiques et géométriques, ce calcul englobe aujourd'hui, non seulement la mécanique analytique, mais l'énergétique tout entière ; il sert actuellement de base à la théorie si intéressante de l'élasticité, et l'on a vu récemment, les sciences sociales prendre appui sur la doctrine des variations !

» Une accumulation aussi brusque de mémoires très divers peut devenir déconcertante ; elle a pour conséquence presqu'inévitable l'oubli de mémoires insérés dans des recueils peu répandus, sous des titres n'annonçant pas qu'il s'agit de variations. »

Profitant des recherches que sa collaboration à l'*Encyclopédie des Sciences Mathématiques* lui avait imposées, M. Lecat a voulu se rendre utile aux autres travailleurs en dressant une bibliographie du calcul des variations aussi complète que possible. Mais jusqu'où fallait-il faire remonter les recherches ? Jusqu'aux Bernoulli et aux premières origines du calcul des variations ?

« Nous croyons devoir répondre négativement, dit M. Lecat. Les anciens travaux n'ont guère conservé aujourd'hui qu'un intérêt historique, et ce n'est pas à ce point de vue que nous nous plaçons. On pourra consulter à ce sujet les ouvrages de Woodhouse, de Giesel, qui tous deux vont jusqu'à Lagrange, et celui de Todhunter. Ce dernier peut être considéré comme complet pour la première moitié du XIXe siècle. »

M. Lecat ne donne pas ici le titre de ces trois ouvrages. C'est

un tort. Dans une bibliographie, le *on sait*, si cher à beaucoup d'auteurs de mathématiques, si insupportable souvent à leurs lecteurs, n'est pas de mise ; les bibliographies ont précisément pour but d'épargner des recherches et de fournir des titres complets et exacts, qu'on se rappelle mal ou qu'on ignore même tout à fait.

L'ouvrage de Todhunter est connu. C'est *A history of the progress of the calculus of variations during the nineteenth century ;* Cambridge et Londres, 1861 ; M. Lecat le cite dans sa liste alphabétique des noms d'auteurs. Je lis dans la même liste le titre de l'ouvrage de Giesel : *Geschichte der Variationsrechnung*. I Theil, Torgau, 1857. Mais quel est le titre de l'ouvrage de Woodhouse ? On ne le trouve nulle part. N'insistons pas sur ce léger oubli. M. Lecat continue :

« Nous avons dressé deux listes. L'une, par ordre alphabétique des noms d'auteurs, donne, avec le plus de précision possible, les titres — accompagnés s'il y a lieu de la traduction française — des ouvrages et des mémoires et les recueils (séries, tomes, années, pages), où ils sont insérés ; l'autre, où les indications sont abrégées, est rédigée suivant un classement à peu près chronologique. »

M. Lecat m'en voudra-t-il, si je l'interromps derechef pour lui présenter une nouvelle observation de détail ? Seuls le grand soin apporté à son travail, l'espoir surtout que cette bibliographie ne sera pas la dernière, puisque l'auteur nous annonce la bibliographie des séries trigonométriques, m'y décident. Dans la *seconde* liste, les mémoires sont précédés de numéros d'ordre. J'aurais fait le contraire, et affecté les mémoires de numéros dans la première ; puis j'aurais répété les mêmes numéros, soit avant, soit après les titres des mémoires de la seconde liste, où avec raison ces titres ne sont plus donnés qu'en abrégé. Sans augmenter le format du volume, cette disposition en eût facilité l'usage. D'excellents modèles ne manquent pas, par exemple, la bibliographie des œuvres d'Euler par M. Eneström (*Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers*, JAHRESBERICHT DER DEUTSCHEN MATHEMATIKER-VEREINIGUNG. Der Ergänzungsbände IV. Band. Leipzig, Teubner, 1910 et 1913).

Voici maintenant une partie de la bibliographie de M. Lecat qui rendra de nombreux services. « Notre opuscule comprend, dit l'auteur, les travaux qui utilisent le calcul des variations ou s'y rattachent, (ils se distinguent des autres par un astérisque). Nous encourrons peut-être ainsi le reproche d'être trop complet

et d'exposer celui qui nous consultera à faire des lectures inutiles. Mais il serait bien difficile de signaler ici, à ceux qui se placent à un point de vue restreint, quelles sont exactement les références dont ils doivent tenir compte suivant la fin spéciale qu'ils poursuivent. Un Index par ordre de matières eût d'ailleurs perdu une grande partie de son utilité à cause de l'existence dans l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques* d'un article consacré au calcul des variations. »

Loin de partager les craintes de M. Lecat, nous le répétons, l'extension donnée à sa bibliographie, rendra, croyons-nous, les meilleurs services. Il est au surplus par trop évident que M. Lecat a mille fois raison en renvoyant ceux qui commencent l'étude d'un sujet, plutôt à l'*Encyclopédie des Sciences Mathématiques*, qu'à une bibliographie pure. Encyclopédie et bibliographie se complètent ; mais il faut employer l'une et l'autre, avec discernement, au moment opportun.

Pour terminer ces extraits de la Préface, reste à dire que l'auteur a volontairement passé sous silence, non seulement les simples comptes rendus, mais encore un grand nombre de traités d'analyse infinitésimale qui ne s'occupent qu'accessoirement du calcul des variations.

Après la double liste alphabétique et chronologique, dont nous venons de parler, M. Lecat nous donne une série d'autres renseignements, les uns vraiment utiles, d'autres plutôt curieux, mais toujours intéressants. Parmi ces derniers, vient d'abord une statistique. Depuis 1850, les travaux de tous genres relatifs au calcul des variations sont au nombre de 1012, formant un total de 21 500 pages. Parmi ces travaux, 430 sont en allemand, 202 en français, 184 en anglais, 88 en italien, 61 en russe, 21 en magyar, 8 en polonais, 5 en néerlandais, 5 en suédois, 3 en espagnol, 2 en danois, 2 en roumain, 3 en latin. Au milieu de ces 1012 travaux M. Lecat en distingue 29 auxquels il donne le nom de travaux didactiques et en rappelle en abrégé les titres ; il y en a 9 en allemand, 7 en russe, 4 en anglais, 4 en français, 3 en italien, 1 en espagnol et 1 en suédois.

La *Statistique* est suivie d'une *Table alphabétique des Recueils cités*. Elle est singulièrement utile, car M. Lecat ajoute entre parenthèses aux titres de chacun de ces recueils, les numéros d'ordre des mémoires ou notes de la liste chronologique. Ce sont précisément ces numéros qui manquent à la suite des titres de la première liste. Encore une fois, j'aurais cependant préféré voir numéroter la première liste ; — pour la raison

principalement qu'étant la première, elle est aussi la plus détaillée — puis répéter ces numéros dans les deux autres.

Après la *Table des recueils*, nous en trouvons une double statistique : au point de vue de la langue où les articles sont écrits ; et à celui des recueils qui en renferment le plus grand nombre (14 et au delà). Les MATHEMATISCHE ANNALEN tiennent de loin la tête, avec 91 articles ; suivent en second lieu les COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS qui n'en ont que 56.

Le volume se termine par la liste des Universités qui ont produit des dissertations relatives au calcul des variations ou pouvant y être rattachées ; les adresses des auteurs ; enfin le classement des mêmes auteurs sous un triple point de vue : l'ordre chronologique des naissances, l'ordre chronologique des décès, la longévité. En parlant ci-dessus de quelques renseignements plutôt curieux qu'utiles fournis par M. Lecat, j'avais notamment en vue ces trois derniers classements. Peut-être, plus d'un lecteur fatigué d'études plus sérieuses s'y arrêtera-t-il cependant quelques instants avec plaisir. Il y verra, par exemple, que si un auteur seulement est mort à 26 ans, un à 27 et un à 29, en revanche, trois ont atteint l'âge de 80 ans, quatre celui de 81, trois celui de 83, quatre celui de 86, un celui de 90, un dernier enfin est devenu centenaire.

H. B.

IX

COURS COMPLET DE MATHÉMATIQUES SPÉCIALES, par J. HAAG, professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand : I. *Algèbre et Analyse* et *Exercices*. 2 vol. in-8° de 402 et 218 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1914.

On sait que la classe supérieure, dite de *Mathématiques spéciales*, des lycées français est celle qui prépare aux grandes écoles telles que l'École Polytechnique, l'École normale supérieure (section des sciences), l'École Centrale des Arts et Manufactures, etc. L'enseignement mathématique qui y est donné, intermédiaire entre celui, dit *élémentaire*, qui aboutit à l'examen du baccalauréat, et celui que comportent les programmes des dites grandes écoles, embrasse des éléments d'algèbre,

d'analyse, de géométrie analytique, de géométrie descriptive, de mécanique, puisées dans les parties vraiment fondamentales de ces diverses sciences, et qui constituent l'indispensable *substratum* de toute éducation mathématique tant soit peu élevée. De la façon dont cet enseignement est compris dépend, peut-on dire, la solidité de tout le reste de l'édifice ; aussi n'y saurait-on prêter trop d'attention. La façon dont M. J. Haag s'efforce de le mettre au point est des plus intéressantes et mérite d'être prise en la plus sérieuse considération. Avant d'être appelé à la chaire dont il est maintenant titulaire à l'Université de Clermont-Ferrand, ce jeune maître, déjà connu pour des recherches originales de grande valeur, a été chargé pendant deux ans de l'enseignement des mathématiques spéciales au Lycée de Douai. S'étant appliqué à amener cet enseignement à la forme qui lui semblait la meilleure, alors que ses souvenirs d'écolier — et d'écolier d'élite — encore relativement récents, permettaient à sa critique d'être plus pénétrante, il livre aujourd'hui au public le résultat du labeur auquel il s'est ainsi attelé.

Le premier volume, qui vient de paraître, a trait à l'algèbre et à l'analyse. Il nous paraît utile, pour préciser aux yeux des lecteurs non de nationalité française, les matières comprises dans cette partie de l'enseignement des mathématiques spéciales, d'en énumérer les chapitres :

I. Nombres incommensurables. Radicaux ; exposants. — II. Analyse combinatoire. Formule du binome. — III. Nombres complexes. — IV. Séries. — V. Fonctions d'une variable réelle. VI. Fonctions exponentielle et logarithmique. Nombre *e*. — VII. Séries entières. — VIII. Développements limités. — IX. Infiniment petits. Formes indéterminées. — X. Fonctions de plusieurs variables. — XI. Différentielles. — XII. Intégrales définies et indéfinies. XIII. Quadratures. — XIV. Applications des quadratures. — XV. Équations différentielles (premier et second ordre). — XVI. Polynomes. — XVII. Fractions rationnelles. — XVIII. Propriétés générales des équations algébriques. — XIX. Élimination. — XX. Transformation des équations. — XXI. Équations à coefficients réels. — XXII. Équations à coefficients numériques. — XXIII. Déterminants. — XXIV. Équations et formes linéaires. — XXV. Formes quadratiques. — *Note I*. Relations de récurrence. — *Note II*. Rapport anharmonique. — *Note III*. Équation de Riccati.

Ce ne serait pas ici le lieu d'entrer dans un examen minutieux de la façon dont ces diverses matières sont traitées. Nous pou-

vons bien néanmoins dire, d'une façon générale, que l'auteur ne se départit nulle part du souci d'être à la fois simple, clair et rigoureux. Que si, d'aventure, les exigences d'une extrême rigueur le devaient entraîner à de trop copieux développements, il les supprime, mais il le dit en renvoyant le lecteur aux sources où il pourra, s'il le juge à propos, compléter son instruction ; tel est le cas notamment pour le théorème de d'Alembert (p. 253)(1) au sujet duquel il renvoie le lecteur aux excellentes *Leçons d'Algèbre et d'Analyse* de J. Tannery.

Il est deux autres points sur lesquels l'auteur nous semble mériter d'être spécialement loué ; c'est d'une part pour l'usage excellent qu'il fait des représentations graphiques, par lesquelles divers énoncés relatifs soit à la théorie des fonctions, soit à celle des équations se trouvent vivement éclairés ; c'est, d'autre part, pour le soin qu'il prend d'indiquer à l'élève la marche à suivre pour procéder à certaines études ou à certains calculs (notamment : pp. 63, 234, 341, 369).

Il convient enfin de souligner l'heureuse adjonction au volume renfermant les leçons proprement dites, d'un fascicule à part contenant les exercices groupés en chapitres qui correspondent exactement à ceux du texte principal, dont un certain nombre sont entièrement résolus, les autres simplement proposés, mais pouvant se résoudre aisément à l'imitation des précédents. Leur réunion en un volume spécial a le double avantage de rendre l'ouvrage plus maniable et de permettre au lecteur d'avoir simultanément sous les yeux et l'exercice étudié et la partie correspondante de l'exposé doctrinal dont cet exercice constitue une application.

Enfin, l'examen d'un ouvrage comme celui-ci ne laisse pas d'inspirer la réflexion que voici : on entend souvent des lamentations sur l'accroissement continu de la somme des matières entrant dans le cadre de la classe de mathématiques spéciales, sur le supplément d'effort qui en résulte pour les élèves, sur le surmenage qui en peut être la suite regrettable. Il se peut qu'il y ait en cela quelque chose de fondé ; mais ne s'y rencontre-t-il

(1) Cela est, au reste, strictement conforme au programme de la classe de mathématiques spéciales qui exige l'énoncé de ce théorème en laissant la démonstration de côté. Par la même occasion, nous relèverons le fait que l'auteur, qui, à cet endroit, orthographie le nom de d'Alembert, conformément à l'usage le plus courant, comme nous le faisons ici, l'écrit Dalembert à la page 49. C'est évidemment un bien mince détail ; mais il nous semble qu'il vaut mieux, dans un même ouvrage, éviter ces variations d'écriture.

pas aussi une certaine part d'exagération ? D'abord, si on les prend dans leur ensemble, les élèves des grandes écoles d'aujourd'hui n'apparaissent en vérité pas comme ayant le cerveau beaucoup plus fatigué que leurs prédécesseurs et ils ne se montrent pas moins aptes qu'eux à se pénétrer de l'enseignement élevé de ces écoles. Mais, d'autre part — et c'est précisément là la constatation que permet de faire un livre comme celui de M. J. Haag — il faut bien remarquer aussi que, comme tout le reste, les méthodes d'exposition des éléments de la science ont progressé ; elles se sont allégées, simplifiées, assouplies. Et puis — et c'est surtout là que nous voulions en venir — si des matières nouvelles ont trouvé droit de cité dans le programme des mathématiques spéciales, d'autres en ont disparu, et en assez grand nombre, et la question serait de savoir si, au point de vue du labeur imposé aux élèves, de tels changements correspondent effectivement, dans l'ensemble, soit à une augmentation soit à une diminution. Pour ne parler que du chapitre de la science auquel se réfère l'ouvrage ici en question, on n'y rencontre plus certaines théories que devaient étudier les élèves d'il y a trente ans, dont quelques-unes sensiblement plus difficiles que celles qui ont pris leur place. Croit-on, par exemple, que des théorèmes comme celui de Sturm n'exigeaient pas un bien autre effort pour être compris à fond que, par exemple, les principes sur lesquels repose l'intégration des équations différentielles du premier et du deuxième ordre dans les cas dits *usuels?* Et ce n'est pas seulement le théorème Sturm qui a disparu des anciens cours, c'est toute une série d'autres théorèmes relatifs à la théorie des équations (dont quelques-uns, bien jolis, dus à Hermite ou à Laguerre) ; c'est aussi la théorie des fractions continues algébriques. Les purs mathématiciens n'ont pas assisté à cet abandon sans un certain serrement de cœur ; aujourd'hui, on pare, avant tout, à l'essentiel de ce qu'exigent les applications à la mécanique, à la physique, plus généralement aux sciences techniques; c'est, au reste, un point de vue qui se défend fort bien. Cela a conduit, moyennant diverses suppressions, à exposer dès la classe de mathématiques spéciales divers sujets qui n'étaient naguère abordés que dans les écoles spéciales. Mais un ouvrage comme celui de M. Haag prouve de la façon la plus claire que ces sujets peuvent être aisément mis à la portée des élèves qui en sont arrivés à ce niveau dans leurs études.

Quoi qu'il en soit, le livre de M. Haag, édité avec la perfection

caractérisant tout ce qui sort des presses de la maison Gauthier-Villars, nous semble répondre excellemment au but en vue duquel il a été écrit; nous le croyons appelé à prendre rang parmi les classiques.

M. O.

X

Leçons de trigonométrie plane et sphérique, par M. Alliaume. Cours du Navire-école « Comte de Smet de Naeyer ». — Louvain, Uystpruyst, 1913.

Ce qui recommande surtout ces excellentes leçons, c'est leur parfaite méthode. La notion de grandeur dirigée, qu'il s'agisse de secteurs ou d'angles, appliquée dans la définition même des fonctions circulaires et maintenue sans défaillance jusqu'au bout de la théorie et des applications, simplifie d'une part les démonstrations en les rendant du coup générales, et donne d'autre part à la technique du calcul un caractère mécanisé, propre à prévenir les erreurs et les ambiguités.

L'exposé est suffisamment développé et suffisamment clair, pour que l'élève puisse acquérir au moyen de cet ouvrage et même sans le secours d'un maître, la notion juste de la fonction du calcul trigonométrique et de sa pratique.

F. W.

XI

Essai de linéométrie, par J. Ser. Un vol. in-8° de 79 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

Cette courte brochure renferme une étude sur la rectification des arcs de courbes algébriques, développée d'après une méthode originale. Cette méthode, qui repose sur de délicates considérations empruntées à la géométrie des imaginaires, fait appel à diverses notions nouvelles ; l'auteur s'en sert avec beaucoup d'habileté et il convient d'autant plus de lui en faire honneur qu'il ne paraît pas être un mathématicien de profession. L'application qu'il fait de sa méthode à l'étude de sommes

particulières d'arcs de courbes algébriques, liées au théorème d'Abel, ne manque certes pas d'intérêt ; mais les résultats qui en dérivent n'ont pas la nouveauté que semble leur attribuer l'auteur, faute sans doute d'avoir eu connaissance des importants travaux publiés sur ce sujet par M. Georges Humbert, il y a quelque vingt-cinq ans.

M. O.

XII

Leçons sur la Dynamique des systèmes matériels, par E. Delassus. — Paris, Librairie scientifique, A. Hermann et fils.

M. Delassus a écrit un Cours de Mécanique tout à fait remarquable. Il s'agira seulement de bien discerner quels sont les lecteurs auxquels il s'adresse.

En général, un livre de Mécanique est un amas, un peu chaotique, de problèmes ; parfois certains chapitres ont l'air de prétextes pour faire de l'*Analyse*, l'auteur étant plus analyste que physicien. Il en résulte un trouble pour celui qui, n'étant plus un jeune étudiant, repasse son ancien cours, voulant mettre de l'ordre, du liant dans ses idées.

M. Delassus supprime radicalement toute confusion ; il met de l'ordre ; il ordonne avec soin, précision, logique, avec profondeur.

Plus de *Mécanique classique*, à laquelle il reproche de suivre l'ordre historique plutôt qu'une ordonnance rationnelle.

M. Delassus ne fait que de la *Mécanique analytique*, posant des principes, puis se livrant à l'étude analytique et systématique des équations.

Tout sort, analytiquement, des principes, d'où une très belle classification des problèmes de la Mécanique.

Commençons par un compte rendu, tout à fait objectif, du livre.

Comme Hertz, M. Delassus distingue les systèmes *holonomes* et non holonomes et, en plus, les systèmes semi-holonomes.

Un système est holonome, si les liaisons sont établies par des équations *finies*. Si les liaisons sont définies par des relations différentielles *linéaires*, *du premier ordre*, le système est non holonome.

Si l'on a une liaison finie, *variable avec* la position initiale, le système est semi-holonome (page 25).

Puis, l'auteur étudie la réalisation des liaisons et définit la *réalisation parfaite* (page 31) ; il pose alors deux axiomes — théorèmes, dit-il, non encore démontrés.

La *fonction des forces* se présente, d'un point de vue nouveau (page 41). De même, les équations de Lagrange (p. 73) avec la *fonction génératrice*, par les systèmes holonomes.

Pour les systèmes non holonomes (page 80), les équations de Lagrange contiendront des termes complémentaires, comme, aussi bien, les équations de M. Appell.

Puis nous trouvons des applications, des remarques d'Analyse, la *stabilité* (p. 103). Les chapitres IV, V, VI forment une vaste classification, basée sur les doctrines de l'Analyse.

Le chapitre VII contient des exercices ; le chapitre VIII les *percussions* et les *chocs* ; le chapitre IX la statique du fil ; le chapitre X l'étude des *liaisons quelconques*.

Enfin, le dernier chapitre (100 pages) est formé par une série d'exercices du plus haut intérêt.

Lorsqu'on a une certaine habitude de la Mécanique, on ne peut qu'admirer une doctrine si unie, si serrée, en faisant, peut-être, quelques réserves. Certains points mériteraient d'être longuement médités. Mais enfin, on sent un progrès considérable sur les ouvrages antérieurs. Aucun professeur ne pourra se dispenser de lire ce bel ouvrage.

D'ailleurs, n'est-il pas plus fait pour les *maîtres* que pour les *élèves* ? Je certifie qu'un étudiant qui n'aurait pas, auparavant, manié la mécanique classique, pendant quelques mois, n'y comprendra pas grand'chose. On ne saurait, impunément, traverser trop vite tout l'ordre historique ; notre esprit ne sait pas aller si rapidement.

Ceci ne constitue qu'une question de pédagogie, tout à fait secondaire. Le livre de M. Delassus causera un plaisir immense à ceux qui ont souffert, parfois, de patauger dans les petites mares stagnantes de la science des forces et des mouvements.

Voilà un professeur de Mécanique et voilà un livre de Mécanique dont on parlera et qui fera faire des progrès à l'enseignement, dans les Universités.

R. D'ADHÉMAR.

XIII

Le Scienze esatte nell' antica Grecia, par G. Loria, professeur ordinaire à l'Université de Gênes. Un vol. in-16 de xxiv-969 (et 4) pages. — Milan, Hoepli, 1914.

Ce volume fait partie de la collection des *Manuels Hoepli*. Dans la Préface, M. Loria nous dit comment il fut jadis conduit à approfondir l'histoire des Sciences exactes chez les anciens Grecs, et par quelles circonstances il donna la première édition de son ouvrage dans les Memorie della Accademia delle scienze, lettere ed arti di Modena. Le travail parut en cinq fois, de 1893 à 1902. Les Memorie de Modène sont, on le sait, de format in-4°, aussi n'est-il pas toujours commode de devoir feuilleter à la fois cinq volumes de cette dimension ! C'est un vrai plaisir d'avoir maintenant *Les Sciences exactes de la Grèce antique*, par M. Loria, condensées dans un des beaux petits volumes de la collection des *Manuels Hoepli*.

La première édition des *Sciences exactes* fut commencée, nous venons de le dire, en 1893, il y a donc plus de vingt ans. Depuis lors, des documents anciens de premier ordre ont été retrouvés et publiés, notamment des traités de Héron et d'Archimède. Ces découvertes ont obligé M. Loria à remanier son ouvrage, tout en cherchant à lui conserver son caractère primitif propre. Comme dans la première édition, l'auteur nous donne un tableau complet des connaissances possédées par les Grecs dans les diverses sciences mathématiques ; tableau très achevé, peint par un géomètre de profession, non pas en vue des spécialistes, mais pour être mis sous les yeux de tous ceux qui possèdent une culture scientifique générale, sans être eux-mêmes des géomètres de métier. Le tableau se recommande par la richesse de la documentation et le soin du détail. Partout nous y trouvons l'indication précise des sources consultées : passages originaux des auteurs grecs anciens ; commentaires de leurs éditeurs et des historiens des mathématiques. Bref, le tableau est réussi et — pourquoi ne pas le dire? — peint avec une élégance tout italienne. En d'autres circonstances, M. Loria a montré un faible pour son illustre compatriote Lagrange ; ici il nous fait parfois songer à la plume de cet inimitable géomètre, de ce véritable artiste.

En tête des *Sciences exactes* nous trouvons, non pas une simple table des matières, mais plutôt un tableau synoptique résumant en une phrase chaque paragraphe. Sa traduction sera à la fois un compte rendu très objectif de la 2e édition du remarquable travail de M. Loria, et peut-être, pour plus d'un lecteur, un aide-mémoire de ses connaissances relatives à l'histoire de la science grecque.

LIVRE I. — Les géomètres grecs précurseurs d'Euclide. *Chapitre I. Coup d'œil d'ensemble sur la géométrie grecque pré-Euclidienne.* 1. Caractère général de cette période historique. 2. Lien entre la civilisation grecque et celle des peuples orientaux. 3. Sources principales de nos connaissances sur la géométrie grecque pré-Euclidienne. Le résumé historique de Proclus. 4. Dans quelle mesure seront utilisés les renseignements fournis par Proclus.

Ch. II. Thalès et l'École Ionienne. 5. Vie de Thalès. 6. Découvertes géométriques de Thalès. 7-9. Problèmes de géométrie pratique dont on lui attribue la solution. 10-12. Les successeurs de Thalès : Mandriate, Ameriste, Anaximandre et Anaximène. Tendances de l'École Ionienne ; sa contribution au progrès de la géométrie.

Ch. III. Pythagore et l'École Italique. 13. Aperçu sur les systèmes philosophiques des Grecs jusqu'à Pythagore. 14. Origines de l'idée pythagoricienne. 15. Sources de nos connaissances sur la vie et la doctrine de Pythagore. 16. Vie de Pythagore. 17. Sur la loi du silence imposée aux Pythagoriciens. 18. Sources de nos connaissances sur la science mathématique de Pythagore. 19. Les définitions adoptées par l'École de Pythagore. 20. Géométrie mystique. 21. Théorie des proportions. 22 Division du plan en polygones congruents. 23. Construction des polyèdres réguliers. 24. Les problèmes d'*application* en relation avec la construction du pentagone régulier. 25. L'analyse géométrique et la théorie de la similitude. 26. Somme des angles d'un triangle. 27. Le théorème du carré de l'hypoténuse. 28. Les quantités irrationnelles. 29. Découvertes erronément attribuées aux Pythagoriciens. 30. Résumé des contributions apportées au progrès des mathématiques par l'École Italique.

Ch. IV. École d'Élée ; atomistes ; sophistes. — Zénon d'Élée. 31. Opinions philosophiques et vie de Zénon. 32. Le fameux « argument de Zénon ». — *Œnopide ; Anaxagore ; Dinostrate.* 33. Valeur d'Œnopide comme mathématicien. 34. Vie d'Anaxagore. Les contributions aux progrès des mathématiques qu'on lui

attribue. 35. Œuvres mathématiques de Dinostrate. — *Hippias.* 36. Caractère et influence de la sophistique. 37. Hippias le mathématicien. 38. La quadratrice.

Ch. V. Pythagoriciens et Pythagoristes. 39. Les continuateurs du pythagorisme. — *Hippocrate de Chio.* 40. Vie d'Hippocrate. 41. La première rédaction des éléments de géométrie et la *méthode de réduction* d'un problème à un autre. 42. Origine du problème de la duplication du cube. 43. Transformation de ce problème en celui de l'insertion de deux moyennes proportionnelles entre deux droites. 44-47. Études d'Hippocrate sur le problème de la quadrature du cercle. 48. Valeur et importance des recherches géométriques d'Hippocrate.—*Antiphon et Bryson.* 48. Antiphon, 49. Bryson. — *Archytas de Tarente.* 50. Vie d'Archytas. 51. La méthode d'Archytas pour insérer deux moyennes proportionnelles entre deux droites données. 52. Observation sur cette méthode.

Ch. VI. De Socrate à Euclide. 53. Les coryphées de la période qui va de Socrate à Euclide. — *Platon.* 54. Vie de Platon. 55. Action de Platon sur le développement des mathématiques. 56. Ses idées sur cette science en général. 57. La méthode analytique et la théorie des lieux géométriques. 58. De quelques connaissances géométriques possédées par Platon. 59. Un passage important du *Ménon.* 60. L'hypothèse géométrique dans le *Ménon.* 61. Des autres recherches géométriques attribuées à Platon. 62. Sa solution du problème de Délos. — *Léodamante, Théétète et leurs disciples.* 63. Léodamante et Léon. 64. Théétète et Hermotimus. — *Les géomètres de l'Académie.* 65. Speusippe, Athénée, Theydius, Amyclas et Philippe. 66. Vie d'Aristote. 67. Passages mathématiques dans les œuvres d'Aristote. 68. Suite. — *Eudoxe de Cnide.* 69. Vie d'Eudoxe. 70. Recherches d'Eudoxe sur la *section* ; est-ce la section en moyenne et extrême raison ? 71. Le Ve livre d'Euclide. Théorèmes stéréométriques d'Euclide. 72. Origine du soi-disant *Axiome d'Archimède* ; questions historiques qui y sont relatives. 73. Conjecture relative à la méthode d'Eudoxe pour insérer deux moyennes proportionnelles entre deux droites. — *Origine et première étude de la formation de la théorie des coniques. Ménechme et Aristée.* 74. Notice sur Ménechme. 75. Ses recherches sur la philosophie mathématique. 76. Deux solutions, par Ménechme, du problème des deux moyennes. 77. Passage de Géminus concernant le développement de la théorie de la cissoïde. 78. Comment cette courbe fut découverte. 79. Aristée auteur des *Lieux solides.*

80. Aristée auteur d'un écrit sur *Les polyèdres réguliers* — *Dinostrate*. 81. Application de la courbe d'Hippias à la quadrature du cercle ou à la rectification de la circonférence. 82. Résumé général. — *Appendice I*. Aperçu des recherches géométriques faites dans l'antiquité par les Égyptiens et les Babyloniens. — *Appendice II*. Aristée et Viviani.

LIVRE II. — L'Ère d'or de la Géométrie grecque. Observations générales. 1. Caractère général de la période grecque-alexandrine, 2. Le centre de la culture intellectuelle se fixe alors à Alexandrie. 3. Le Musée.

Ch. I. Euclide. 4. Renseignements relatifs à Euclide fournis par les Grecs. 5. Renseignements provenant de sources arabes. 6. Euclide de Mégare dans l'enseignement. 7. Les *Éléments* d'Euclide ; leur contenu. 8. Variations subies par le texte des *Éléments*. 9. Les préliminaires des *Éléments*. 10. Les propositions du premier livre; manière dont elles furent choisies; leur démonstration. 11. Livre II : Fondement de l'algèbre géométrique. 12. Livre III : Commencement d'une théorie de la circonférence. 13. Livre IV : Les polygones inscrits ou circonscrits à la circonférence. 14. Livre V : Théorie géométrique des proportions. 15. Livre VI : Similitude des figures rectilignes planes. 16. Les trois livres arithmétiques d'Euclide. Livre VII : Théorie numérique des proportions ; divisibilité. 17-18. Livres VIII et IX : Développement ultérieur de l'arithmétique rationnelle. 19. Livre X : Irrationnelles biquadratiques. 20. Observations relatives à l'importance et à l'originalité du livre X des *Éléments*. 21 Livre XI : Fondements de la géométrie de l'espace. 22. Livre XII : La méthode d'exhaustion chez Euclide. 23. Livre XIII : Polyèdres réguliers. 24. Observations relatives à l'originalité des *Éléments* d'Euclide. 25. Le traité des *Données*. 26. Le traité de la *Division des Figures*. 27-28. Les traités perdus d'Euclide. a) Les *Porismes*. 29. b) Les *Lieux plans*. c) Les *Coniques ;* etc.

Ch. II. Les continuateurs prétendus des Éléments d'Euclide. 30. Le soi-disant XIVe livre des *Éléments :* Hypsicle d'Alexandrie. 31. Le soi-disant XVe livre des *Éléments*.

Ch. III. Archimède. 32. Vie d'Archimède. 33. Classification des œuvres d'Archimède. 34. Le livre I de l'*Équilibre des plans*. 35. *Quadrature de la parabole*. 36. Le livre II de l'*Équilibre des plans*. 37. Les *Corps flottants*. 38-39. Les deux livres sur la *Sphère et le Cylindre*. 40-41. Le traité de la *Spirale*. 42. *Conoïdes et Sphéroïdes*. 43. *Mesure du cercle*. 44. Caractère commun

des livres arithmétiques ; l'Εφοδικὸν. 45. Le livre des *Lemmes*. 46. Les polyèdres semi-réguliers. 47. Autres écrits attribués à Archimède : deux ouvrages aujourd'hui perdus. Conclusion.

Ch. IV. Ératosthènes. 48. Vie d'Ératosthènes. 49. Sa solution du problème de Délos. 50. Son traité perdu sur les *Proportions*. 51. *Crible d'Ératosthènes*.

Ch. V. Apollonius. 52. Notices grecques et arabes sur la vie d'Apollonius de Perge. L'ε surnom d'Apollonius. 53. Note bibliographique sur les *Coniques* d'Apollonius. 54. Sur le degré d'originalité de cet ouvrage. 55. Sa préface générale. 56. Livre I : Fondement de la théorie des sections coniques. 57. Livre II : Asymptotes, diamètres conjugués et axes. 58. Livre III : Quelques théorèmes généraux sur les courbes du second ordre et leur application au problème des trois et quatre droites ; pôles et polaires ; applications aux coniques des débuts des concepts de projectivité et de courbes enveloppes ; foyers. 59. Livre IV : Intersection et contact de deux coniques. 60. Livre V : Maxima et minima ; normales et développées. 61. Livre VI : Égalité et similitude de deux sections coniques. 62. Livre VII : Les deux « théorèmes d'Apollonius » et les propositions qui s'y rapportent. 63. Observations générales sur les *Coniques* d'Apollonius. 64. Les trois problèmes sur les *Sections*. 65-67. Autres ouvrages d'Apollonius : *Les Contacts*, *Les Lieux plans*, *Les Insertions*. 68. Autres travaux d'Apollonius. 69. Extension donnée par Apollonius à la théorie des irrationnelles euclidiennes.

Ch. VI. Les géomètres de second ordre pendant la période grecque-alexandrine. 70. Préliminaires. — *Nicomède*. 71. La conchoïde ; génération, propriétés et application de cette courbe à la trisection de l'angle. 72. Application de la même courbe à la duplication du cube. — *Dioclès*. 73. Solution du problème de Délos par Dioclès ; la cissoïde. — *Persée*. 74. La spirique. — *Zénodore*. 75. Premiers germes d'une théorie des isopérimètres. 76. Résumé général. — *Appendice*. Reconstitution d'écrits perdus des géomètres de la période grecque-alexandrine. L'algèbre géométrique des anciens d'après H. G. Zeuthen. L'ouvrage d'Euclide relatif à la division des figures. Les *Porismes* de Fermat, de Simson et de Chasles. Reconstitution des livres V et VI des *Coniques* d'Apollonius par Viviani et Maurolico. Reconstitution du dernier livre des *Coniques* d'Apollonius par Halley. Reconstitution des deux livres d'Apollonius sur les *Insertions*. Reconstitution des *Lieux plans* d'Apollonius.

LIVRE III. — Le fondement mathématique de la philosophie naturelle des Grecs. Avant propos. *Ch. I. Hypothèses cosmologiques et mesures astronomiques antérieures à Hipparque.* 1. Caractère de l'astronomie grecque. — *Hypothèses astronomiques contraires à la sphéricité de la terre.* 2. La cosmogonie d'Homère et d'Hésiode. 3. Thalès. 4. Anaximandre. 5. Anaximène. 6. Héraclite, Xénophante, Anaxagore, Empédocle et Dinostrate. — *Hypothèses astronomiques de Pythagore.* 7. Système cosmologique de Pythagore ; Parménide. — *Le premier système héliocentrique.* 8. Hypothèse astronomique de Philolaus ; le feu central. 9. Hicétas, Ecphante et Héraclite, la rotation diurne de la terre. Aristarque et Seleucus ; le soleil centre du monde. — *Idées astronomiques de Platon.* 10. Platon astronome. — *Digression sur Théon de Smyrne.* 11. But et plan d'un ouvrage de Théon de Smyrne. 12. Analyse de la partie astronomique de l'ouvrage de Théon. — *Les sphères homocentriques d'Eudoxe de Cnide.* 13. Problème de mécanique céleste proposé par Platon et résolu par Eudoxe. 14. Les vingt-six sphères homocentriques. 15. Réduction du problème de Platon à sa plus simple expression. 16. L'hippopède d'Eudoxe. Conclusion. — *Les sphères de Calipse et d'Aristote.* 17. Modifications subies par le système d'Eudoxe. Les 34 sphères de Calipse et les 55 sphères d'Aristote. — *Les cycles chronométriques.* 18. La chronologie grecque depuis son origine jusqu'à Hipparque. — *La science de la mesure en astronomie.* 19. L'ouvrage encore existant d'Aristarque de Samos. 20. La méthode de la dichotomie d'Aristarque. 21. Autres mesures faites par Aristarque. 22. La partie astronomique de l'*Arénaire* d'Archimède. 23. Posidonius.

Ch. II. La sphérique. — Le premier traité de sphérique. 24. La petite collection astronomique. L'hypothèse de l'existence d'une ancienne sphérique. 25. Indices de cette existence dans la *Didascalie céleste de Leptinius.* — *Autolycus de Pitane.* 26. Aperçu sur Autolycus. Contenu du traité de la *Sphère mobile.* 27. Observation sur le style d'Autolycus. Remarque sur son traité de la *Sphère mobile.* — *Euclide et Hypsicle.* 28. Les *Phénomènes* d'Euclide. 29. Un opuscule d'Hypsicle. — *Théodose.* Les écrits de Théodose sur les *Habitations* et sur *Le Jour et la Nuit.* Les *Sphériques* de Théodose. 31. Le premier livre des *Sphériques* de Théodose. 32. Les livres II et III. — *Ménélaus.* 33. Notice sur Ménélaus. Le livre I des *Sphériques* de Ménélaus. 35. Les livres II et III. 36. Suite. Contribution apportée par

Ménélaus aux éléments de la géométrie. La « Courbe merveilleuse. »

Ch. III. L'apogée de l'astronomie grecque.— Hipparque. 36. Sa vie et son œuvre. — *Ptolémée.* 37. Notice sur Claude Ptolémée et son *Almageste.* 38. Plan et origine de cet ouvrage. 39. La trigonométrie de l'*Almageste.* Hypothèse sur le développement historique de la trigonométrie grecque. 40. Quelques cordes calculées par Ptolémée. 41. Le théorème dit de Ptolémée ; son application à la théorie des fonctions circulaires. 42. Un théorème de trigonométrie démontré et appliqué par Ptolémée. 43. Construction d'une table de cordes ; valeur de π. 44. Le théorème de Ménélaus pour les triangles plans et sphériques. 45. Son application à la résolution des triangles sphériques rectangles. Deux théorèmes d'Apollonius rapportés par Ptolémée. 46. Autres ouvrages de Ptolémée. Le *Planisphère.* 47. Suite : l'*Analemme* et la *Géographie.* 48. Ptolémée commentateur d'Euclide. — *Théon d'Alexandrie et Hypathie.* 49. Le *Commentaire de l'Almageste* par Théon d'Alexandrie. 50. Suite. Vies de Théon et d'Hypathie. Fin de l'École d'Alexandrie.

Ch. IV. Le développement de la physique mathématique. — L'Optique d'Euclide. 51. Généralités sur l'optique des Grecs. Deux ouvrages sur la théorie de la lumière attribués à Euclide. 52. Les deux versions de l'*Optique* d'Euclide. 53-55. Contenu de cet ouvrage. — *Les plus anciens écrits sur la Catoptrique.* 56. A qui appartiennent ces écrits et ce qu'ils renferment. — *Héliodore ou Damien ? Ptolémée ou Héron ?* 57. Un opuscule attribué à Héliodore de Larisse. 58. Un écrit sur les miroirs attribué à Ptolémée, mais dû probablement à Héron. — *Ptolémée et la réfraction de la lumière.* 59. L'*Optique* de Ptolémée ; par quelle voie elle nous est parvenue ; en quel état elle se trouve et ce qu'elle contient. — *L'hydrostatique d'Archimède.* 60. Analyse de son ouvrage sur les *Corps flottants.— La Statique d'Héron.* 61. Héron mécanicien. Son premier livre sur les *Mécaniques ;* sa solution du problème de Délos. 62. Les IIe et IIIe livres des *Mécaniques ;* l'hélice cylindrique.

Ch. V. Héron d'Alexandrie. 63. La question chronologique. 64. Trois Héron mathématiciens. Données biographiques sur Héron d'Alexandrie. 65. Le *Niveau.* 66. Suite : l'aire du triangle en fonction des côtés. 67. Héron considéré comme commentateur ; renseignements sur ce sujet fournis par Proclus. Renseignements puisés à d'autres sources. 70. Les définitions des termes de la géométrie. 71. Les autres ouvrages de Héron qui

nous restent. 72-73. Analyse des *Métriques ;* leur valeur et leur signification.

Ch. VI. Les petits géodésiens de la Grèce antique. — Un géodésien Byzantin. Est-ce Héron le jeune ? 76. Notice sur un fragment grec relatif à la géodésie. — *Sextus Julius Africanus.* 77. Un chapitre des Κεστοί. — *Le papyrus d'Ayer.* 78. Provenance, date et contenu du papyrus d'Ayer. 79. Épilogue. Caractère général des ouvrages étudiés dans le présent livre. 80. Cause probable de la décadence de la géométrie grecque.

LIVRE IV. L'ÈRE D'ARGENT DE LA GÉOMÉTRIE GRECQUE. Avant-propos. — *Ch. I. Geminus de Rhodes.* 1. Passages de Geminus relatifs à la théorie des courbes, cités par Proclus. 2. Passages relatifs à la philosophie des mathématiques. 3. Passages concernant la théorie des parallèles ; hypothèse relative au titre d'un ouvrage de Geminus. 4. Un ouvrage d'astronomie attribué à Geminus ; questions qui se posent à propos de ce savant.

Ch. II. Théon de Smyrne. 5. Considérations sur les propositions et les figures courbes de Théon de Smyrne.

Ch. III. Pappus d'Alexandrie. 6. Importance historique des *Collections mathématiques* et notice sur Pappus. 7. Généralités relatives aux *Collections ;* aperçu des deux premiers livres. 8. Analyse de la première partie du livre III ; solution approchée du problème de Délos et solution exacte de ce problème. 9. Suite. Les trois autres parties du Livre III : les dix proportions extraites des *Paradoxes* d'Héricinius ; polyèdres. 10. La première partie du livre IV des *Collections :* généralisation du théorème de Pythagore ; applications du dixième livre d'Euclide ; contacts des circonférences. 11. Seconde et troisième parties du livre IV : spirale d'Archimède et conchoïde de Nicomède. 12. La quatrième partie du livre IV : la quadratrice de Dinostrate et la spirale de Pappus. 13. Le reste du Livre IV : division d'un angle dans un rapport donné ; problèmes qui s'y ramènent. 14. Le livre V des *Collections :* théorie des isopérimètres dans le plan et dans l'espace. 15. Le livre VI des *Collections :* l'astronomie. 16. Le livre VII des *Collections :* généralités ; le théorème dit de Guldin. 17. Suite : lemme sur la *Section déterminée d'Apollonius.* 18. Suite : lemmes sur les *Coniques ;* l'algèbre géométrique chez Pappus. 19. Suite : lemmes sur les *Insertions*, les *Contacts*, les *Lieux plans* et les *Porismes.* 20. Lemmes sur les *Lieux en surface* d'Euclide. 21-22. Le livre VIII des *Collections :* mécanique. 23. Conclusion. Autres œuvres de Pappus ; renseignements tirés de Proclus.

24. Renseignements de sources arabes ; commentaire de Pappus sur le Xe livre d'Euclide.

Ch. IV. Le Néo-Platonisme. — Proclus, Marinus, Simplicius. 25. Origine du Néo-Platonisme. Vie de Proclus. 26. Ses œuvres. 27-28. Le *Commentaire* de Proclus sur le premier livre d'Euclide ; analyse de cet ouvrage. 29. Proclus écrivit-il un commentaire sur les autres livres d'Euclide ? 30. Marinus de Naples. Isidore. Simplicius.

Ch. V. Eutocius. 31. Vie et œuvres d'Eutocius. 32-33. Ses commentaires relatifs aux deux livres d'Archimède *Sur la Sphère et le Cylindre.* 34. Remarques relatives à son commentaire sur la *Mesure du Cercle* et l'*Équilibre des plans.* Commentaires d'Apollonius. Conclusion.

Ch. VI. Serenus 35. Note sur Serenus et ses ouvrages. 36. Analyse de son traité de la *Section du Cylindre.* 37-39. Analyse de son traité de la *Section du Cône.* 40. Épilogue.

LIVRE V. — L'ARITHMÉTIQUE DES GRECS. Avant-propos. *Ch. I. La Logistique des Grecs. — Numération parlée.* 1. Préliminaires. 2. Noms par lesquels les Grecs désignaient les divers nombres. — *Le calcul sur les doigts et la « Numeratio Calcularis ».* 3. Premières traces d'un calcul sur les doigts chez les Grecs. Les méthodes conservées par Rabdas pour désigner les nombres de 1 à 10.000. 4. Méthodes analogues pour désigner les nombres supérieurs. Calcul avec les jetons ; abaques. — *Numération écrite.* 5. Méthode primitive ; système d'Hérodien. 6. Système basé sur l'emploi des lettres de l'alphabet. 7. Origine d'un système plus parfait que les précédents. — *La numération d'Archimède par tranches de 8 chiffres* (ottadi). 8. La partie arithmétique de l'*Arénaire.* — *La numération d'Apollonius par tranches de 4 chiffres* (tetradi) (1). *Le prétendu 0 des Grecs.* 9. Un ouvrage d'Apollonius commenté par Pappus. La numération par tranches de quatre chiffres. 10. Une prétendue preuve de l'existence du 0 chez les Grecs. — *Fractions.* 11. Les fractions fondamentales ; les quotients et fractions sexagésimales ou astronomiques. — *Les quatre premières opérations de la logistique grecque.* 12. Sources de notre connaissance de la logistique grecque. Sa nature d'après un scolie du *Carmide* de Platon. 13. Méthodes égyptiennes et méthodes helléniques. 14. Les *Pythmènes* d'Apol-

(1) Les Grecs n'ayant pas le 0 de position, ma traduction ne rend pas très exactement le sens des mots *ottadi* et *tetradi.* Les deux systèmes reviennent *pour nous* à une division en tranches respectivement de 8 et de 4 chiffres.

lonius, d'après Pappus. 15. La division des nombres entiers et le calcul des fractions fondamentales. 16. Calcul des fractions sexagésimales. — *Extraction des racines carrées et cubiques.* 17. Recherche de la partie entière d'une racine carrée. Les racines carrées dans Aristarque, Archimède et Héron. Méthodes de Héron et de Théon d'Alexandrie pour extraire les racines carrées. 18. Extraction des racines cubiques chez Héron.

Ch. II. L'arithmétique dans l'école de Pythagore. — Coup d'œil général sur l'arithmétique pythagoricienne. 19. Généralités. 20. Premières recherches sur les propriétés des nombres. 21. Origine probable de la « preuve par neuf ». 21. Représentation géométrique des nombres et ses conséquences. — *La prétendue origine pythagoricienne du système décimal.* 22. Un fragment de la Géométrie attribuée à Boèce. Son interprétation par Chasles ; indices sur lesquels se base cette interprétation. La « question de Boèce » ; son état actuel. Les recherches de Woepke sur notre système de numération. Conclusion. — *Thymaridas.* 24. Qui fut Thymaridas ? « L'Epantemas ».

Ch. III. L'arithmétique dans l'Académie. 25. L'arithmétique d'après Platon. Les nombres harmoniques et le nombre nuptial. 26. Méthode de Platon pour construire des triangles rectangles en nombres. 27. Le « diamètre rationnel » et le « nombre parfait » de Platon. 28. Tendances de l'arithmétique dans l'Académie ; Speusippe. L'arithmétique pendant l'ère d'or de la géométrie grecque.

Ch. IV. L'arithmétique mystique. 29. Débuts. — *Nicomaque de Gérase.* 30. Note sur Nicomaque ; son *Introduction à l'Arithmétique.* 31. Le livre I de l'*Introduction.* 32. Le livre II du même ouvrage. 33. Suite. Les proportions. Les *Théologumènes arithmétiques* et la « Règle de Nicomaque ». — *Théon de Smyrne.* 34. La partie arithmétique de l'*Exposition sur les connaissances mathématiques nécessaires pour l'intelligence de Platon.* 35. Suite. Nombres latéraux et diamétraux ; leurs applications. — *Jamblique de Chalcide.* 36. Vie et œuvres de Jamblique. 37. Ce que nous avons de son *Commentaire de Nicomaque.* 38. — *Domninos de Larisse.* Son *Manuel d'introduction à l'arithmétique.*

Ch. V. La théorie des nombres. Diophante. 39. Notice sur Diophante. 40. Quels furent les écrits de Diophante et quels sont ceux qui nous restent. 41. Éditions et traductions de l'*Arithmétique* de Diophante. 42. Caractère et état actuel de

cette *Arithmétique*. 43. Préliminaires théoriques de l'*Arithmétique ;* symboles qui y sont employés. 44. Les équations chez Diophante ; tableau de celles qu'il a résolues. 45. Classification des problèmes. 46. Méthode pour résoudre les équations du premier degré à une inconnue et les systèmes d'équations linéaires. 47. Les équations du second degré. 48. Systèmes déterminés d'équations d'un degré supérieur au premier ; une équation cubique. 49. Analyse indéterminée du premier degré. 50-51. Analyse indéterminée d'un degré supérieur au premier. 52-53. Suite : méthode de la « double équation » et méthode par « approximation ». 54. Construction des triangles rectangles en nombres. 55. Une devinette résolue par Diophante. 56. Relevé des propositions d'arithmétique invoquées par Diophante. 57. Originalité de Diophante. 58. Son traité sur les *Nombres polygonaux*.

Ch. VI. Les récréations arithmétiques des Grecs. — Les problèmes de l'Anthologie grecque. 59. Les devinettes dans l'arithmétique grecque. Les épigrammes arithmétiques de l'*Anthologie*. 60-61. Comment on peut les classer en divers groupes. — *Le « Problème de la couronne » d'Archimède*. 62. Histoire et solution de ce problème. — *La deuxième lettre de Rabdas*. 63. Problèmes d'arithmétique résolus dans le papyrus d'Akhmim et dans la deuxième lettre de Rabdas. — *Le « Problème des bœufs » d'Archimède*. 64. Histoire de ce problème. 65. Solution du problème. — *Moscopoulos et les mathématiciens de Byzance*. 66. Les carrés magiques et Moscopoulos. 67. Aperçu sur quelques mathématiciens de Byzance. 68. Autres problèmes de l'application de l'algèbre à la géométrie résolus par les Grecs. — *Appendice*. Sur le nombre de Platon.

Le volume se termine par une table très étendue des noms propres cités. Pour les mathématiciens grecs il est fait usage, dans cette table, de deux espèces de chiffres. Les nombres en caractères gras indiquent les passages où les auteurs sont particulièrement étudiés. L'idée est heureuse et facilite beaucoup les recherches.

H. Bosmans, S. J.

XIV

Ole Roemers Adversaria med understoettelse af carlsbergfondet udgivne af det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab ved Thyra Eibe og Kirstine Meyer. Un volume grand in-8° de viii-271 pp. — Koebenhavn, Bianco Lunos, Bogtrykkeri, 1910.

Malgré leur titre danois, les *Adversaria* de Roemer sont à peu près entièrement en latin. Ils viennent de donner lieu à deux études très bien faites, dont nous ferons grand usage dans ce compte rendu :

Les Travaux Astronomiques d'Olaüs Roemer, par G. Van Biesbroeck, *Ciel et Terre*, Bulletin de la Société Belge d'Astronomie, t. 34, Bruxelles 1913, pp. 152-167.

Études sur les Notes astronomiques contenues dans les Adversaria d'Ole Roemer, par G. Van Biesbroeck, astronome adjoint à l'Observatoire Royal de Belgique, et Alb. Tiberghien, conservateur adjoint à la Bibliothèque Royale de Belgique. Mémoire présenté en réponse à la question d'Astronomie posée en 1911, couronné en 1913. Bulletin de l'Académie Royale des Sciences et des Lettres de Danemark, année 1913, pp. 213-324.

Olaüs Roemer, né à Aarhau en Danemark le 25 septembre 1644, mort à Copenhague le 19 septembre 1710, est un savant bien connu dans l'histoire de l'astronomie et de la physique. La physique lui doit la première détermination de la vitesse de la lumière découverte et calculée par les irrégularités des éclipses du premier satellite de Jupiter. C'est le grand titre de gloire de Roemer ; mais c'est loin d'être le seul. Les perfectionnements apportés par l'illustre danois aux lunettes astronomiques suffiraient à immortaliser son nom.

Roemer écrivait péniblement. Aussi, à l'inverse de la plupart de ses émules, ne sont-ce pas ses œuvres imprimées qui ont perpétué son souvenir. Si Roemer est resté à bon droit célèbre, il le doit à l'abbé Picard son collaborateur, à Leibnitz son ami, mais surtout à Horrebow son élève préféré et son admirateur enthousiaste. Ces savants s'attachèrent à faire connaître des inventions et des découvertes que le maître, toujours mécontent de lui-même, ne savait pas se décider à donner au public. Roemer voyait clair et loin, mais poursuivait un idéal impossible à atteindre.

Avait-il pour cela renoncé à écrire ? Il semble au contraire

s'y être enfin résolu. C'est ainsi qu'il avait déjà couché sur le papier de nombreuses notes astronomiques rédigées dans l'espoir qu'elles rendraient service à l'Observatoire de Copenhague. Les manuscrits en étaient conservés dans la bibliothèque de cet établissement. Tous périrent dans l'effroyable incendie du 20 octobre 1728, qui détruisit avec l'Observatoire un quartier entier de la capitale danoise.

Après un pareil désastre, c'en était fait, croyait-on, des écrits de Roemer ; désormais la postérité ne jugerait plus le mérite du savant que sur des documents de seconde main. On se trompait heureusement. A la mort de son mari, la veuve du grand astronome légua à l'Université de Copenhague un cahier relié écrit tout entier de la main de Roemer et intitulé par lui *Adversaria*, nous pourrions traduire : *Tablettes*. Ce manuscrit resta depuis à la bibliothèque de l'Université, où on n'y prêtait, il faut l'avouer, guère attention.

A cet oubli, rien d'étonnant. Roemer, nous venons de le dire, écrivait péniblement. Quand on ouvre ses *Adversaria*, ils présentent au premier abord l'aspect d'un inextricable fouillis. Le volume imprimé, lui-même, fait encore cette impression. Aussi pendant longtemps personne ne soupçonna l'intérêt scientifique de ces *Tablettes*. Elles se conservaient en mémoire de l'auteur, comme un pieux souvenir.

On le devine, pour porter un jugement sur la valeur des *Adversaria* et y voir clair, il fallait mettre un peu d'ordre dans le chaos qu'ils formaient. Ce n'était pas chose aisée. Le style de Roemer est heurté, haché par une concision poussée à l'extrême. Une simple figure, sans légende ni lettres, tient parfois lieu de toute une démonstration. N'importe, quand on est parvenu à s'habituer à ce laconisme, on s'aperçoit, parfois avec surprise, que la pensée de l'auteur est parfaitement claire.

Mais, dans l'intention de Roemer, qu'étaient les *Adversaria ?* Sauf meilleure information, ils me paraissent jouer le rôle d'un simple aide-mémoire à l'usage personnel de l'auteur ; rien de plus. De là les qualités, mais aussi, si l'on veut, les défauts de ces *Tablettes*. S'agit-il d'une découverte ? Le côté original en est mis en évidence, en quelques traits de plume lumineux, qui le font ressortir clairement et bien en relief. C'est tantôt l'énoncé d'une proposition, tantôt le schéma de la discussion d'un problème, tantôt un tableau numérique, parfois une simple phrase accompagnée d'une figure graphique ; tout cela net et précis. En revanche, les sujets les plus disparates se suivent, s'enchevêtrent

même par moments sans le moindre titre ni signe distinctif qui en indique le commencement et la fin. Encore une fois, dans l'intention de Roemer, les *Adversaria* étaient, je crois, un aide-mémoire à son usage, dans lequel l'auteur se retrouvait facilement sans ces indications qui eussent été si précieuses pour nous.

Pour combler ces lacunes, les éditrices se sont livrées à un long travail de patience. Je fais allusion aux deux Tables des matières dont elles ont enrichi leur édition des *Adversaria*. Dans l'une, la plus développée, intitulée Table analytique, on trouve, feuillet par feuillet, le résumé des sujets que ces feuillets contiennent. Dans l'autre, beaucoup plus courte, les sujets sont rangés dans l'ordre logique des matières. Nous la transcrivons ici, telle que les éditrices l'ont elles-mêmes donnée en français.

A) Astronomie. — 1° *Le Soleil.* — Taches solaires. Vitesse des taches solaires. Orbite des taches solaires, « Via Regia ». Observation de l'équinoxe du printemps de 1702 faite dans le premier vertical. Tableau des longitudes du Soleil d'après La Hire et Képler. Tableau des hauteurs du Soleil d'après La Hire et Képler. L'angle entre l'horizon et le cercle diurne du Soleil. Tableau de la rectascension et des longitudes du Soleil. Tableau du diamètre apparent du Soleil. Éclipse solaire de 1708. Tableau des variations de la hauteur du Soleil. De l'observation des hauteurs du soleil correspondantes. Tables solaires. Sur le mouvement de la lumière ; réflexions sur les observations des éclipses de la lune.

2° *Les Planètes.* — Chiffres concernant le mouvement des planètes. Position des orbites planétaires par rapport à la « Via Regia ». La troisième loi de Képler. De la cause du mouvement des planètes. Passages de Mercure. Observations de Vénus près du Soleil. Des anneaux de Saturne.

3° *Les Étoiles fixes.* — Détermination de la hauteur du pôle par des hauteurs réciproques. Modification de la déclinaison des étoiles fixes. De la figure du monde fini. Sites, lieux et grandeurs des étoiles fixes. Réflexions sur la stabilité du firmament et sur l'invariabilité de la position des étoiles fixes. L'Arcturus et la Spica comme étoiles auxiliaires pour la détermination de la déclinaison. De l'usage des étoiles circumpolaires pour connaître l'heure. La réfraction.

4° *Instruments d'observation et appareils.* — Engrenages pour représenter la rotation annuelle du Soleil (« Rotae pro anno »). Examen d'un quadrant. Observation concernant l'arc de mesure d'une lunette. Examen de l'instrument vertical. Le rayon du

globe de Tycho Brahé. La lunette méridienne. Cadran solaire. Les sources d'erreurs de la machine de Pilenborg.

5° *Applications pratiques de l'astronomie.* — De l'épacte et de son usage ; calcul de Pâques. Chiffres pour la période Julienne ; nombres d'or ; cycle d'indiction. De la mesure du temps au moyen du pendule à secondes. Positions géographiques ; croquis d'une carte ; incorrections dans les cartes géographiques.

B) Physique. — Longueur du pendule à secondes en différentes mesures. Modifications de la longueur du pendule à secondes dues à la température. Mesure de quantités d'eau écoulante. Solutions salines. Alliages. Alliages et mélanges. Des balances romaines. Observations critiques sur la détermination de Snellius du poids d'un pied cube d'eau. Tableau du rapport entre le poids As et le poids danois. Dilatation de l'eau et de l'air par la chaleur. Dilatation des métaux par la chaleur. Construction d'un thermomètre. La quantité d'eau pluviale à Paris, 1689-1704. Vitesse du son. Vitesse de la lumière. Signes chimiques. Réfraction de la lumière dans les lentilles. Réfraction.

C) Mathématiques. — Résolutions d'équations du 4e degré d'une forme spéciale. Résolution d'équations du 2e degré. La formule de Cardan. Cube d'un binome et d'un trinome. Carrés magiques. Le dodécangle et ses qualités, avec problèmes. Quelques problèmes d'algèbre élémentaire. De l'interpolation. Formule concernant les progressions géométriques. Résolution de quelques problèmes géométriques. Des combinaisons.

D) La vie pratique. — 1° *Poids et Mesures.* — Différentes mesures de l'aune ; rapports entre ces différentes mesures. Quantités d'eau en mesures danoise et française. Rapport entre le poids danois et d'autres unités de poids. Tableau des rapports entre le poids-As et quelques poids danois. Des balances romaines. Sur la détermination de Snellius du poids d'un pied cube d'eau.

2° *Machines hydrauliques.* — Quantités d'eau puisée dans un puits. Un robinet à eau. Dessin de soupapes pour les puits et les pompes à incendie. Travail exécuté en montant de l'eau. Pompe pour monter de l'eau.

3° *Monnaies.* — Unités de monnaie ; « remedium ». Comparaison entre différentes monnaies.

4° *Bâtiments.* — Mesure de la (tour ancienne) de l'église de Notre-Dame à Copenhague. Dessin d'une cloche avec indication des mesures. Prix d'un toit de plomb et d'un toit de cuivre. Prix des briques.

5° *Pavage.*

6° *Essai de canons.*

E) Varia. — Sujets traités dans les *Adversaria*. Citations. Dessin sans texte. Calcul concernant un jouet de Nuremberg ; des vers là-dessus. Formule médicamentaire. Écriture chiffrée. Énumération de lettres, lignes et mots pour l'imprimerie. Réflexions sur les loteries.

Aussi bien dans cette Table, que dans la Table analytique des matières, on renvoie chaque fois, non seulement à la page de l'imprimé, mais au folio du manuscrit.

Tout est intéressant dans ces sujets si variés. La personnalité de l'auteur y est évidemment pour beaucoup ; mais l'extrême concision de son style y contribue peut-être encore davantage. Dans les questions les plus simples, telles que la résolution de l'équation du second degré, par exemple, ou les remarques sur le jeu du baguenaudier (jouet de Nuremberg), Roemer parvient souvent, par sa seule brièveté, à être original, parfois même captivant. On s'attache alors à le comprendre, comme on s'amuserait à deviner des rébus bien présentés.

En importance, les sujets astronomiques l'emportent de beaucoup sur les autres. Mais ici, je ne puis que renvoyer au mémoire de MM. Van Biesbroeck et Tiberghien cité ci-dessus. Mieux que tout autre éloge, la distinction flatteuse que l'Académie des Sciences de Danemark a conférée à ce mémoire en prouve la haute valeur. Il me paraît utile de transcrire de nouveau ici la Table des matières du travail des savants belges. J'atteins ainsi le double but de donner l'analyse de leur étude et de faire en même temps le départ entre les notes de Roemer qui sont vraiment importantes et celles dont l'intérêt est plus secondaire.

1° *Introduction.*

2° *Astronomie sphérique.* — Détermination de la latitude par les hauteurs réciproques. Détermination de l'heure par les hauteurs correspondantes. Détermination de l'heure dans le Vertical de la Polaire. Sur la détermination des équinoxes. Gnomonique. Calcul de l'angle parallactique.

3° *Astronomie théorique.* — Comparaison du mouvement elliptique d'après Kepler et Seth Ward. L'éclipse de Soleil du 14 septembre 1708. Les passages de Mercure en général et en particulier celui de 1707. Tables du Soleil. Les taches solaires et la position de l'équateur solaire par rapport au plan des orbites des planètes. Interpolation.

4° *Physique astronomique.* — De la réfraction astronomique. De la transmission de la lumière.

5° *Astronomie pratique.* — Corrections instrumentales de la lunette de Pilenborg. Croquis d'une salle méridienne. Croquis de la lunette grillée. Chronologie.

6° *Divers.* — De la troisième loi de Képler et de la rotation des planètes. Réflexions sur l'univers stellaire. A propos d'une modification de la lunette équinoxiale et d'une observation de Vénus. A propos de Castor et Pollux.

Le mémoire de MM. Van Biesbroeck et Tiberghien n'est pas un simple commentaire plus ou moins détaillé des *Adversaria,* les auteurs l'ont intitulé *Étude* et c'est bien cela. Delambre, dans son *Histoire de l'Astronomie moderne* (t. II, Paris, Courcier, 1821, pp. 634-661) ne nous avait fait connaître Roemer que par des extraits de la *Basis Astronomica* d'Horrebow (Copenhague, 1735). Les savants belges ont recherché non seulement dans la *Basis Astronomica,* mais dans tous les écrits d'Horrebow ce que le fidèle disciple de Roemer nous apprend des idées de son maître, et des perfectionnements qu'il apporta aux instruments astronomiques. Grâce à ce travail préliminaire, il a été possible de suppléer au laconisme de Roemer et de nous donner la clef de ses logogriphes. L'illustre Danois en sort absolument grandi. On voit, par exemple, que la formule de correction de la lunette méridienne couramment attribuée à Tobie Mayer était déjà connue et appliquée par Roemer. En résumé, si nous devons nous féliciter de posséder encore, contre toute attente, les *Adversaria,* seule une *Étude* aussi travaillée et aussi claire que celle de MM. Van Biesbroeck et Tiberghien nous permet d'en apprécier toute la valeur.

H. Bosmans, S. J.

XV

Où allons-nous? par l'abbé Th. Moreux, directeur de l'Observatoire de Bourges. — Plaquette gr. in-8° de 110 pp. Dessins et photographies de l'auteur, 1913. — Paris, 5, rue Bayard.

Cette publication forme le 4e terme d'une véritable tétralogie due au savant abbé Moreux, aussi habile vulgarisateur que professionnel de l'Astronomie mathématique et physique.

Des trois premiers termes : *D'où venons-nous ? — Qui sommes-nous ? — Où sommes-nous ?* — nous avons donné une

analyse dans le présent recueil, livraisons de janvier 1910, janvier et octobre 1911. Il restait à compléter le sujet, *Où allons-nous ?* Et c'est ce que nous nous proposons d'envisager.

Rappelons sommairement la substance des trois premiers termes. En *D'où venons-nous ?* l'auteur trace d'abord un tableau géogénique de la formation de la Terre et des transformations qu'elle a subies jusqu'à ce qu'elle fut apte à recevoir l'hôte auquel elle était destinée ; il décrit aussi l'évolution de la vie à travers les âges de la planète, étant ainsi amené à réfuter les théories d'évolution transformiste et les conséquences qu'on avait prétendu en tirer contre l'unité du genre humain. Celui-ci vient et ne peut venir que du premier couple créé directement par Dieu-même.

Qui nous sommes ? La Science proprement dite nous apprend d'abord que l'homme occupe le sommet de l'échelle des êtres vivants, que l'espèce humaine est essentiellement une, les différentes races n'offrant pas de caractères *spécifiquement* distincts ; en quoi la science se rencontre, en ce point, comme dans tant d'autres, avec la Bible. Suit un véritable traité sommaire d'anthropologie et d'archéologie préhistorique, présenté en réfutation des théories transformistes, appuyé du reste sur des considérations exclusivement scientifiques.

Où sommes-nous ? est une question à laquelle chacun répondra de prime abord : « Nous sommes sur la Terre ». Fort bien ; mais où est la Terre ? Ceci nous vaut un brillant exposé de l'astronomie physique, à partir de la « famille solaire » jusqu'aux amas stellaires, à la Voie lactée, et se terminant par la démonstration rigoureuse de la non-infinité de l'univers.

Nous arrivons maintenant au quatrième terme : *Où allons-nous ?*

Au point de vue de l'ensemble de l'humanité, nous allons là où nous emporte, dans sa course à travers les siècles, le globe que nous habitons. Mais ce globe, où va-t-il ? Pour pouvoir répondre à cette question, compétemment sinon assurément, il faut être renseigné sur la marche du Soleil vers son *apex*, sur son rôle dans la marche des courants stellaires, son avenir dans sa vie individuelle ou privée, si l'on peut ainsi parler : pareillement il faut avoir quelques données sur la vie et la mort à venir de la Terre soit par le fait de son évolution naturelle, soit par suite de quelque catastrophe cosmique.

L'auteur débute par une thèse sur ce qu'il appelle *La chute des mondes*, c'est-à-dire sur les mouvements propres de ces

astres que l'on appelait naguère les *étoiles fixes*, et sur les vitesses radiales ou tangentielles et la direction de certains d'entre eux. Les chiffres qui représentent soit ces vitesses, soit les distances qui nous séparent de ces astres, forment des nombres défiant, comme on s'y attend, toutes les puissances de notre imagination.

De l'étude des mouvements propres et de la vitesse des étoiles, on est naturellement amené à celle des mouvements propres de notre Soleil et de sa vitesse. Il nous est donné un historique des nombreux travaux qui y ont été consacrés à partir de Bradley et William Herschel au XVIIIe siècle, jusqu'au professeur Campbell en 1901. D'après ce dernier, la direction du Soleil serait déterminée par 277° 30 en ascension droite et + 20° en déclinaison, avec une vitesse de 20 kilomètres par seconde. Mais d'après Kapteyn et Newcomb (1893) on aurait : AR = 274°, D = 30° ou 31°, et 16 kilomètres à la seconde pour la vitesse. Dans le premier cas, l'apex serait situé dans le voisinage de α du centaure ; dans le second, à 6° au Sud de κ de la Lyre.

M. l'abbé Moreux conteste la direction admise par le professeur Campbell, mais préfère la vitesse de 20 à celle de 16 kilomètres. D'après celle-là, le Soleil (et son cortège de planètes avec lui), franchirait annuellement une distance égale à quatre fois le diamètre de l'orbite terrestre, et mettrait environ 69 000 ans à atteindre l'étoile α du centaure.

Passons sur la question délicate et complexe des courants stellaires dénoncés en 1904, au Congrès scientifique de St. Louis des États-Unis, par le professeur Kapteyn, comme étant *au moins* au nombre de deux, s'enchevêtrant parfois l'un dans l'autre ; mais disons quelques mots de l'*avenir du Soleil*.

Pour en tirer l'horoscope, notre auteur qui, dans son observatoire de Bourges, s'est adonné, durant de longues années, à une étude approfondie de cet astre, commence par décrire l'histoire de sa formation, de son développement, soit de son passé et de son présent ; puis il déduit son avenir de ce qui nous est connu des différents âges des étoiles, ces lointains soleils. Il en résulte que notre Soleil, de même qu'Arcturus, est arrivé au déclin, à une vieillesse déjà assez avancée et voisine de la décrépitude. Bientôt (1) les taches qui se forment à sa surface deviendront plus nombreuses, puis finiront par masquer ses

(1) *Bientôt* s'entend dans le sens cosmogonique, en comptant les unités non par *années*, mais par *milliers de siècles*.

rayons ; puis il ne sera plus qu'un globe obscur, roulant invisible dans les cieux.

Le sort de la Terre est lié à celui du Soleil. Issu de la primitive nébuleuse solaire, le globe terrestre incomparablement moins volumineux est destiné à une existence plus courte. Bien longtemps avant que l'astre qui l'échauffe et qui l'éclaire ait cessé de lui envoyer ses derniers rayons, la Terre aura probablement cessé d'entretenir la vie à sa surface, faute de lumière et surtout de chaleur suffisante. Mais même sans attendre peut-être cette phase de l'agonie solaire, l'action des vents, des pluies, des neiges, des érosions, des torrents au flanc des montagnes ou des fleuves dans les plaines, de la mer sur les rivages, suffirait, en un temps donné, à araser la surface du globe et à la transformer en une vaste lagune. L'espace de trois à quatre millions d'années suffirait, d'après M. l'abbé Moreux, à réaliser cet état de choses.

Il faut ajouter à ces causes incessantes de dépérissement, l'action intermittente des éruptions volcaniques et notamment des phénomènes sismiques qui tendent à rapprocher le sphéroïde terrestre de la forme tétraédrique. Ensemble de phénomènes qui, s'ajoutant à ceux de l'ordre précédent, restreindraient encore, dans une importante mesure, les millions d'années qui nous séparent de l'extinction naturelle de la vie sur la Terre.

Telles sont les causes *normales* de la fin du monde terrestre. Mais il peut aussi périr *accidentellement* par quelque catastrophe cosmique. L'auteur décrit ce qui arriverait dans le cas d'une rencontre avec une comète à noyau solide ou, cataclysme plus épouvantable encore, du choc de notre Soleil avec quelque soleil éteint (astre obscur par conséquent) de masse égale ou plus grande.

Il y a dans cette partie, proche de la fin de l'ouvrage, un tableau remarquable de précision dans la nature et la durée des phénomènes aussi grandioses que terribles qui se produiraient alors en amenant la fin des temps pour notre monde (1).

(1) Qu'une petite critique d'un détail d'ailleurs accessoire, nous soit ici permise. L'auteur, s'étant placé au moment où l'astre éteint allant à la rencontre du Soleil paraît à l'horizon, décrit la frayeur des populations... « Après des siècles se renouvellent, dit-il, les terreurs de l'an mil ». — Telle est la force des légendes que souvent sont impuissantes à les déraciner les constatations les mieux établies par les érudits. La légende, ou plutôt la fable des terreurs spéciales motivées par les approches de l'an mil, a été réfutée, une première fois par M. Godefroy Kurth dans *Qu'est-ce que le Moyen Age ?* (Paris,

Maintenant que ressort-il de tout ce qui précède comme réponse à la question : *Où allons-nous ?* Nous allons assurément vers une fin qui ne peut être, quelle qu'en soit la forme, que la mort de notre monde. Celui-ci tombe-t-il en ligne droite ou suivant un axe à rayon presque infiniment grand ? Nous l'ignorons. Notre globe doit-il mourir de froid, ou bien boire son air atmosphérique et ses eaux, rendant ainsi la vie impossible à sa surface ? Ou bien encore doit-il un jour, dans sa course ultrarapide, se heurter à quelque corps cosmique éteint ou incandescent ? Nous l'ignorons également ; la science étant impuissante à déterminer un choix entre toutes les possibilités.

C'est plus haut qu'elle qu'il faut viser pour avoir quelques données à cet égard, et si nous consultons l'ordre surnaturel, nous pouvons prévoir que notre monde finira pour être renouvelé après de grands bouleversements de la nature.

C. DE KIRWAN.

XVI

LA TECHNIQUE DE LA RADIOTÉLÉGRAPHIE, par H. REIN. Traduit de la deuxième édition allemande par G. VIARD. In-8° de XIV-254 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

« M. Rein était, il y a huit ans, assistant à l'Institut électrotechnique de l'École Technique Supérieure de Darmstadt ; il reçut la mission d'instituer pour les élèves l'enseignement radiotélégraphique pratique, permettant de soumettre au contrôle des expériences de mesures les résultats de la théorie. Naturellement il fallut développer un grand nombre de nouvelles

librairie Bloud, 1904 ou 1903), une seconde fois et d'une manière spéciale et détaillée par M. Frédéric Duval, archiviste paléographe, dans *Les terreurs de l'an mille* (même librairie, 1908). M. Kurth montre que ladite légende a été sinon fabriquée de toutes pièces, du moins vulgarisée et disséminée par Robertson, historien anglais du XVIIIe siècle, dans l'Introduction de son Histoire de Charles-Quint, laquelle eut un grand succès parmi le public lettré de l'époque. — M. Duval, lui, soumet à une critique sévère tous les documents qu'on a pu invoquer à l'appui de cette légende, et en montre l'inanité à ce point de vue. Il en ferait remonter la première origine au XVIe siècle. — Ce qui est vrai, c'est que dans tous les siècles, à toutes les époques et dès l'origine du Christianisme, on a cru plus ou moins aux approches de la fin du monde.

méthodes de mesures et adapter à de nouvelles exigences un certain nombre de méthodes anciennes, empruntées à la technique des courants télégraphiques industriels. M. le Dr-Ing. Rein fut amené à composer, comme annexe à ces exercices, un guide memento qui parut en 1910 et forma la première édition du présent Livre. Il avait été conçu par l'auteur pour servir de notes à ses élèves, en vue de leurs manipulations.

» Mais il y a cinq ans, M. Rein fut appelé à remplir les fonctions de chef de laboratoire par la Société C. Lorenz, à Berlin. Cette maison a entrepris, sur une grande échelle, la construction des installations radiotélégraphiques de tous systèmes et il eut ainsi l'occasion de mettre à l'épreuve, au cours de la fabrication des postes de types variés, les différentes méthodes de mesures qui faisaient le fond des exercices scientifiques à l'École technique supérieure. Ce sont les expériences acquises, ainsi accumulées par une longue pratique, qui forment la partie constitutive de la seconde édition de l'ouvrage. Cette réédition était devenue nécessaire pour tenir le Livre au courant des progrès accomplis et pour satisfaire aux besoins du public auquel il s'adressait. »

Ces indications biographiques, empruntées à la préface de la traduction, font deviner le caractère de l'ouvrage. Les fondements généraux de la radiotélégraphie sont supposés connus du lecteur. On traite avec détail tout ce qui est étude scientifique et mesure pratique ; on signale les avantages respectifs des dispositifs techniques. Dans cet ordre d'idées, l'ouvrage est d'une richesse de documentation remarquable et nous ne pensons pas qu'un ingénieur chargé de l'étude d'un projet ou de la direction d'un poste puisse s'en passer.

D. T.

XVII

Traité de chimie minérale, par H. Erdmann, directeur de l'Institut de chimie minérale de la *Technische Hochschule* de Berlin. Ouvrage traduit sur la 5e édition allemande par A. Corvisy. Tome second : Étude des métaux. Un vol. in-8° de 331 pages, avec 76 figures et 3 planches spectrales en couleurs. — Paris, Librairie scientifique A. Hermann et Fils, 1914.

Dans la livraison précédente de la Revue (1) nous avons rendu compte du premier volume de cet ouvrage qui venait de paraître, et déjà M. Corvisy nous présente le second volume, consacré entièrement à l'étude des métaux et de leurs combinaisons; son intérêt ne le cède en rien à celui du volume précédent.

L'auteur a divisé les métaux en sept classes qui correspondent en grande partie aux groupes du système périodique des éléments. Toutefois la concordance n'est pas parfaite, et l'étude systématique des métaux, nous semble-t-il, n'y a rien perdu. On examinera avec un intérêt particulier les métaux des *terres rares* qui sont étudiés avec soin.

De même le radium et les autres métaux radioactifs font l'objet d'une étude plus détaillée qu'on ne les rencontre généralement dans les manuels de chimie. Comme dans le premier, on trouvera dans le second volume bon nombre d'expériences, décrites avec force détails, ce qui permet de les exécuter facilement. Les notions historiques assez nombreuses donnent un intérêt spécial à l'étude. Parfois cependant, on se demande si l'auteur a suffisamment tenu compte des recherches et des découvertes d'auteurs appartenant aux différentes nationalités.

Pour résumer notre appréciation du *Traité de Chimie* de M. Erdmann, nous dirons que c'est un très bon ouvrage, tenant le milieu entre les manuels ordinaires et les grands ouvrages fort coûteux. La traduction française est faite avec soin, et le lecteur ne reçoit pas seulement une fidèle interprétation de la pensée de l'auteur, mais celle-ci lui est aussi présentée sous une forme agréable et élégante. Aussi ne doutons-nous pas que l'ouvrage de M. Erdmann ne trouve beaucoup d'amis tant parmi les étudiants en chimie que parmi ceux qui, à un titre quelconque, s'intéressent à la chimie minérale, et désirent posséder des renseignements sur l'état actuel de nos connaissances dans ce domaine.

H. de Greeff, S. J.

XVIII

Notions fondamentales de Chimie organique, par Ch. Moureux, membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine, Professeur à l'École supérieure de Pharmacie de l'Université de

(1) Revue des Questions scientifiques, IIIe série, t. 24, p. 613.

Paris. Quatrième édition revue et mise au courant des derniers travaux. Un vol. in-8° de 383 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

Lorsque, il y a maintenant dix ans, nous rendions pour la première fois dans la Revue (1) compte du manuel de M. Moureux, nous terminions par ces mots : « Les *Notions fondamentales de Chimie organique* constituent un ouvrage original, vraiment didactique et scientifique, auquel nous souhaitons un succès bien mérité ». Ce succès lui est venu. En 1910, nous avons signalé ici (2) même l'apparition de la troisième édition, et aujourd'hui nous nous trouvons en présence de la quatrième édition.

Nous avons suffisamment fait connaître l'esprit, la disposition et le contenu de cet excellent ouvrage, et comme ce caractère à été heureusement conservé dans la nouvelle édition, nous n'y reviendrons pas. Indiquons seulement quelques questions qui viennent d'être introduites, et qui témoignent de la sollicitude de l'auteur de tenir les *Notions fondamentales* toujours au courant des dernières découvertes, quand celles-ci ont réellement une importance fondamentale. Les réactions catalytiques (méthode Sabatier et Senderens) qui dans l'édition précédente étaient à peine mentionnées, sont maintenant bien développées, et pour se rendre compte de l'importance qu'elles ont acquise, il faudrait parcourir le livre presque entier. De même les synthèses au moyen des composés organo-magnésiens ont gagné beaucoup en importance. Signalons aussi des additions concernant l'action de la lumière, la stéréochimie, etc.

Souhaitons donc à la nouvelle édition le même succès qu'ont eu les éditions précédentes : elle le mérite pleinement.

H. de Greeff, S. J.

XIX

Les progrès de la Chimie en 1912. Traduction autorisée des *Annual Reports on the Progress of Chemistry for 1912* issued by the *Chemical Society, London*, et publiée sur l'initiative du *Service de Recherches du Laboratoire Municipal de Paris*. Un

(1) Revue des Questions scientifiques, IIIe série, tome 3, page 620.
(2) Revue des Questions scientifiques, IIIe série, tome 18, page 614.

vol. in-8° de XIV et 412 pages. — Paris, Librairie scientifique A. Hermann et Fils, 1913.

Dans un avant-propos, M. Kling, le Directeur du Laboratoire Municipal de Paris, expose les raisons qui l'ont amené à engager les chimistes du Service de son Laboratoire et quelques jeunes savants à entreprendre la traduction en français des *Annual Reports on the Progress of Chemistry* publiés par la Société chimique de Londres. Depuis bon nombre d'années, la Chimie s'est tellement développée, qu'il est devenu absolument impossible, même au chimiste de profession, de se tenir au courant des progrès réalisés, durant une année, dans ce vaste domaine. Il est donc fort à souhaiter que le savant aussi bien que l'industriel, que leurs recherches et leurs travaux confinent dans un petit coin de la chimie, puissent se rendre compte des principaux résultats obtenus dans les autres parties de cette science. Cette connaissance, fût-elle très sommaire, est d'une utilité incontestable, même pour leurs propres travaux.

M. Kling et ses collaborateurs ont fait un choix réellement judicieux et heureux en entreprenant la traduction des *Annual Reports*. Cette collection ne constitue pas, comme d'autres ouvrages de ce genre, une simple énumération de toutes ou presque toutes les recherches chimiques exécutées durant une année. On choisit réellement ce qu'il y a de vraiment important, en négligeant le reste. Si ce choix peut sembler dangereux, la valeur des savants qui l'ont fait nous offre une garantie qu'il est bien fait. Pour que le lecteur puisse se faire une idée de l'étendue des travaux résumés dans ce recueil, nous indiquerons seulement les titres des différents chapitres ; il est évidemment impossible d'indiquer, même sommairement, les sujets traités. Ces chapitres sont consacrés à la chimie générale et à la chimie physique ; à la chimie minérale ; à la chimie organique : série acyclique, série homocyclique, série hétérocyclique ; à la chimie analytique ; à la chimie physiologique ; à la chimie agricole ; à la chimie minéralogique ; à la radioactivité. On le voit, tout le vaste domaine de la chimie moderne y est passé en revue, et ajoutons, avec une compétence parfaite, par des collaborateurs de première valeur. La traduction est en tout point digne de l'original. Aussi pouvons-nous recommander en toute confiance ce petit recueil et aux chimistes proprement dits, et à tous les amateurs de la chimie qui désirent connaître les progrès que cette science a réalisés en 1912.

H. DE GREEFF, S. J.

XX

Les Classiques de la Science. Publiés sous la direction de MM. H. Abraham, H. Gautier, H. Le Chatelier, J. Lemoine. — Paris, Armand Colin, 1913.

I. L'air, l'acide carbonique et l'eau. Mémoires de Dumas, Stas et Boussingault. Un vol. in-8°, 4 planches hors texte, 1 gravure dans le texte, 104 pages.

II. Mesure de la vitesse de la lumière. Étude optique des surfaces. Mémoires de Léon Foucault. Un vol. in-8°, 3 planches hors texte, 5 gravures dans le texte, 123 pages.

III. Eau oxygénée et Ozone. Mémoires de Thénard, Schoenbein, de Marignac, Soret, Troost, Hautefeuille, Chapuis. Un vol. in-8°, 1 planche hors texte, 111 pages.

IV. Molécules, Atomes et Notations chimiques. Mémoires de Gay-Lussac, Avogadro, Ampère, Dumas, Gaudin et Gerhardt. Un vol. in-8°, 1 planche hors texte, 116 pages.

Lucien Poincaré écrivait en 1904 : « Retenons ce conseil de lire parfois aux élèves ce qu'ont écrit les grands savants eux-mêmes. Eh quoi ! dira-t-on, voudriez-vous qu'on lût, au lycée, les mémoires originaux? folle entreprise ! Ne sentez-vous pas que vous condamnerez ainsi les malheureux enfants déjà surmenés à une nourriture trop substantielle, qu'ils ne sauraient digérer, et qu'ils ne pourront absolument rien comprendre à un langage beaucoup trop élevé et trop compliqué pour leurs jeunes intelligences ? Il y a ici, bien entendu, une question de tact, et l'on devra soigneusement régler la dose selon la mesure des intelligences à qui l'on s'adressera ; mais qu'on vérifie par l'expérience, et l'on constatera que telle ou telle page écrite par un Pascal, un Arago, ou un Berthelot, a, dans sa profondeur, plus de lumineuse clarté et plus de réelle simplicité que les chapitres correspondants de beaucoup de traités, dits élémentaires, où des auteurs qui remontent rarement à la source et qui se copient souvent les uns les autres, ont reproduit avec des déformations de plus en plus fâcheuses, la pensée première des inventeurs... »

La *Collection des Classiques de la Science* tend à la réalisation de ce vœu que l'on trouve souvent exprimé par de nombreux

écrivains : elle s'adresse à tous ceux que la Physique et la Chimie intéressent, aux professeurs, aux étudiants des grandes Écoles et des Facultés, aux élèves des classes de l'enseignement secondaire, et aussi au grand public curieux des questions scientifiques. Les classiques de la science compendront en de petits volumes d'une centaine de pages, enrichis d'illustrations documentaires, les mémoires fondamentaux, vraiment « classiques » qui ont marqué une date dans le progrès de la science, et la biographie des savants qui ont ouvert les grands chemins de la science.

La Société française de Physique a fait réimprimer d'une façon luxueuse, les œuvres de quelques physiciens français : Ampère, Coulomb, Becquerel, Curie, etc. ; en Allemagne, Oswald a publié, dans sa langue, de nombreux mémoires dus à des chimistes et à des physiciens de diverses nationalités. La *Collection des Classiques de la Science* réalise de même, dans un but d'intérêt général, une édition française à bon marché — le prix de chacun des volumes parus ne dépasse pas 1 fr. 30 — facilement accessible au grand nombre.

Quatre volumes ont paru ; nous en avons transcrit plus haut les titres ; en voici la table des matières.

I. *L'air, l'acide carbonique et l'eau :*

Notions biographiques sur Dumas, Stas et Boussingault.

Dumas et Boussingault. Recherches sur la véritable constitution de l'air atmosphérique.

Dumas et Stas. Recherches sur le véritable poids atomique du carbone.

Stas. Recherches nouvelles sur le véritable poids atomique du carbone.

Dumas. Recherches sur la composition de l'eau.

II. *Mesure de la vitesse de la lumière. Étude optique des surfaces.*

Première partie. Mesure de la vitesse de la lumière :

Foucault. Notice biographique.

Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumière.

Sur les vitesses relatives de la lumière dans l'eau et dans l'air.

Détermination expérimentale de la vitesse de la lumière. Parallaxe solaire.

Détermination expérimentale de la vitesse de la lumière. Description des appareils.

Deuxième partie. Étude optique des surfaces.

Sur un nouveau télescope en verre argenté.

Mémoire sur la construction des télescopes en verre argenté.

Sur la construction du plan optique. Sur la méthode suivie par Léon Foucault pour reconnaître si la surface d'un miroir est rigoureusement parabolique.

Méthode d'autocollimation de Léon Foucault.

III. *Eau Oxygénée et Ozone.*

Notices biographiques de Thénard, Schoenbein, G. de Marignac, Soret, Troost, Hautefeuille.

Première partie. Eau oxygénée.

Thénard. L'eau oxygénée.

Deuxième partie. Ozone.

Schoenbein. Recherches sur la nature de l'odeur qui se manifeste dans certaines actions chimiques.

Galissard de Marignac. Sur la production et la nature de l'Ozone.

Soret. Sur la production de l'Ozone par l'Électrolyse et sur la nature de ce corps.

Soret. Recherches sur la densité de l'Ozone.

Troost et Hautefeuille. Sur les corps composés susceptibles de se produire à une température très supérieure à celle qui détermine leur décomposition complète.

Hautefeuille et I. Chappuis. Recherches sur l'Ozone.

Troost. Sur la température d'ébullition de l'Ozone liquide.

IV. *Molécules, Atomes et Notations chimiques.*

Notices biographiques de Gay-Lussac, Avogadro, André-Marie Ampère, Dumas, Gaudin, Gerhardt.

Gay-Lussac. Combinaison des substances gazeuses les unes avec les autres,

Avogadro. Manière de déterminer les masses relatives des molécules élémentaires des corps et les proportions selon lesquelles elles entrent dans les combinaisons.

Ampère. Détermination des proportions dans lesquelles les corps se combinent d'après le nombre et la disposition respective des molécules dont leurs particules intégrantes sont composées.

Dumas. Sur quelques points de la théorie atomique.

Gaudin. Structure intime des corps inorganiques définis.

Dumas. Les notations chimiques.

Gerhardt. Généralités sur la notation des formules.

J. T.

XXI

La machine a vapeur, par A. Witz. Un vol. in-16 de 432 pages avec 144 figures, cartonné. Collection des Encyclopédies Industrielles. — Paris, librairie J.-B. Baillière et fils.

Cet ouvrage, avant tout de vulgarisation, donne sous une forme claire et concise, les points principaux que l'homme de métier doit connaître au sujet de la machine à vapeur. Il est principalement appelé à rendre des services au personnel technique subalterne des usines et aux élèves des écoles industrielles.

Après une introduction où il esquisse à grands traits l'évolution et l'histoire de la machine à vapeur, et où il cite les perfectionnements successifs qui y ont été apportés, l'auteur rappelle les principes fondamentaux de la thermodynamique et résume les propriétés de la vapeur d'eau saturée et surchauffée. Il étudie le cycle de Carnot, son application pratique, et prouve par un exemple numérique que le plus beau rendement thermique réalisable ne dépasse pas 0,20, c'est-à-dire, qu'après un siècle d'efforts continus et persévérants, on ne recueille encore, au maximum, que le 1/5 de l'énergie contenue dans la vapeur.

Examinant ensuite l'influence nuisible des parois, il résume les célèbres travaux de Hirn, de Zeuner, de Dwelshauvers-Dery et de Bryan Donkin sur ce sujet ; il montre comment ils ont conduit à l'emploi de l'enveloppe de vapeur, de la détente en cascade et de la surchauffe.

Il donne alors une classification très nette des différents types de machines avec leurs caractéristiques principales, à laquelle fait suite l'étude du calcul et du relevé de la puissance indiquée et effective. Ce chapitre, des plus intéressants, comporte plusieurs exemples numériques qui viennent guider le lecteur et indiquent clairement aux débutants la manière d'opérer en pratique.

L'auteur passe ensuite en revue les organes constitutifs de la machine à vapeur. Il examine successivement les dispositifs de distribution par tiroir simple, tiroir double (détente de Meyer, de Rider et de Farcot), les coulisses (type de Stephenson et de Finck), les robinets Corliss, les soupapes et les pistons-valves. Il fait la description et explique la construction des cylindres, pistons, bielles, manivelles, arbres, volants et régulateurs. Comme appareils accessoires, il cite les condenseurs à injection et à sur-

face, les aéro-condenseurs, le type Westinghouse-Leblanc, les pompes alimentaires et les dispositifs de graissage.

M. Witz établit ensuite une monographie très complète des machines les plus connues. Il commence par le premier type à balancier en fonte de Watt et montre comment les constructeurs du monde entier l'ont progressivement perfectionné et amélioré. De nombreuses vues et coupes illustrent cette partie de l'ouvrage et en rendent la lecture attrayante et agréable. Un paragraphe spécial est réservé aux machines locomobiles, aux demi-fixes, aux servo-moteurs. Dans cette revue fort intéressante, nous avons cependant été surpris de ne pas voir figurer la machine mono-cylindrique à équicourant. Il y a là, à notre avis, une omission regrettable que nous nous permettons de signaler.

Vient enfin l'exposé du principe des machines rotatives et des turbines à vapeur. Ce chapitre, quoique trop court pour un aussi vaste sujet, permet toutefois de se faire une bonne idée d'ensemble sur ce type de machines qui prend tant d'importance de nos jours.

Un examen impartial de la situation présente et de l'avenir réservé à la machine à vapeur termine l'ouvrage. M. Witz y donne quelques résultats d'essais et calcule le prix réel du cheval-heure. Il envisage l'influence du moteur Diesel sur le développement de l'industrie de la machine à vapeur et conclut que si celle-ci est certainement vivement concurrencée, il lui reste encore un champ d'action suffisamment vaste pour assurer sa vitalité.

M. Demanet.

XXII

Constructions navales. Accessoires de coque, par M. Edmond, Ingénieur de la marine (ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie de l'Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 300 pages, avec 116 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1914.

Ce volume complète la série relative à l'architecture navale prise en général, que renferme l'*Encyclopédie scientifique*, et dont nous avons analysé dans le présent recueil les précédents volumes (1). A la construction de la coque proprement dite a

(1) Livraison de Janvier 1913, pp. 303 et 307.

été consacré le volume de M. l'Ingénieur principal Rongé ; les accessoires de la coque avaient été réservés pour un autre volume confié à M. Edmond, lui aussi professeur à l'école française du Génie maritime. A peine la main de ce distingué spécialiste avait-elle tracé la dernière ligne du manuscrit qu'elle était, hélas, glacée par la mort, sans même que le malheureux auteur ait eu le temps de se relire ; mais, ainsi que l'indique une note placée en tête de l'Introduction, M. Rougé, auteur du volume dont celui-ci constitue, en quelque sorte, la continuation, ayant bien voulu procéder lui-même à cette revision, l'ouvrage n'a eu nullement à se ressentir des circonstances si tristement défavorables dans lesquelles il a été élaboré et forme un très digne complément à celui qui a trait à la coque envisagée seule.

L'exposé comprend la description : 1° des divers accessoires de coque répartis méthodiquement entre les principaux services du navire auxquels ils sont destinés (apparaux de mouillage ; apparaux d'amarrage et de remorquage ; gouvernail ; tuyautages ; ventilation ; embarcations) ; 2° des différents emménagements divisés logiquement en cinq groupes principaux suivant qu'ils concernent la puissance militaire, l'appareil moteur, les approvisionnements, l'habitabilité ou, enfin, la navigation.

Ingénieur de la marine militaire, l'auteur s'est naturellement placé surtout au point de vue des navires de guerre ; mais, ainsi qu'il en fait lui-même la remarque, lorsqu'on veut sortir d'un tel cadre « les règles générales suivies restent les mêmes, et les principes indiqués à propos des navires de guerre sont applicables aux navires de commerce ».

Il va de soi qu'un tel ouvrage, qui est avant tout descriptif, vaut d'abord par l'exactitude et la précision de son exposé, et, sous ce rapport, le livre de M. Edmond ne laisse rien à désirer. Mais la réalisation de certaines conditions d'ordre mécanique ou physique ne laisse pas, de ci de là, de soulever des problèmes d'un caractère vraiment scientifique dont l'auteur est ainsi amené à faire connaître la solution. Nous signalerons notamment, sous ce rapport, le chapitre relatif au gouvernail et, plus particulièrement, les parties de ce chapitre qui concernent le calcul des différents éléments du gouvernail et de ses apparaux de commande, ainsi que le calcul des organes de la manœuvre à bras.

L'ensemble des volumes de MM. Bourdelle, Rougé et Edmond, le premier pour la théorie, les autres pour la technique, constituent un magistral exposé de tous les principes qui peuvent guider le constructeur naval dans son art si savant.

G. M.

XXIII

La Protection légale des Travailleurs aux États-Unis, avec exposé comparatif de la Législation française, par M. Dewavrin et G. Lecarpentier. Un vol. de 348 pp. — Paris, Rivière, 1913.

Nous possédons sur l'ouvrier américain et sur l'activité économique des États-Unis deux ouvrages de première valeur : celui du regretté Émile Levasseur, intitulé *L'ouvrier américain*, paru en 1878 mais qui n'a guère vieilli, et celui de M. Pierre Leroy-Beaulieu : *Les États-Unis au XIXe siècle*, dont la quatrième édition date de 1909.

MM. Dewavrin et Lecarpentier apportent à l'étude du même sujet une nouvelle et importante contribution. Leur ouvrage résume et codifie la législation américaine sur la protection des travailleurs. La difficulté de la tâche venait de ce que, dans ce pays, la législation ouvrière ne relève pas de l'autorité fédérale et, par conséquent, n'est pas une pour toute la fédération. Chaque État légifère en cette matière librement, comme il lui plaît.

Les lois sont groupées, non pas suivant leur origine, mais suivant leur objet. La série des chapitres examine successivement les lois sur le contrat de travail en général, le temps de travail, l'hygiène et la sécurité du travail, la réglementation du travail à domicile, l'inspection, les accidents, le travail des femmes et des enfants, l'immigration et l'emploi de la main-d'œuvre étrangère, la réglementation du travail dans certaines industries spéciales, la protection de la main-d'œuvre libre contre la main-d'œuvre pénitentiaire, l'organisation des bureaux de placement, la protection des droits moraux et politiques de l'ouvrier, les institutions en faveur des travailleurs, l'enseignement professionnel, les associations professionnelles, les conflits du travail.

Un appendice donne les premiers essais de législation fédérale, dont l'élaboration date de ces toutes dernières années.

Chaque chapitre est suivi du texte de la loi française correspondant. Un index facilite les recherches.

Ce sommaire, très précieux pour la quantité des renseignements qu'il rassemble, laisse néanmoins bien des curiosités non satisfaites, — défaut inévitable mais auquel on aurait porté remède, dans une certaine mesure, en indiquant, pour chaque question traitée, les sources et une bibliographie qui permît d'en poursuivre l'étude.

V. F.

XXIV

Les plus-values et l'impôt, par Valère Fallon, S. J., docteur en Sciences politiques et sociales, professeur de Droit naturel et d'Économie politique. Un vol. de xv-516 pages. — Bruxelles, Van Fleteren. Paris, Rousseau, 1914. Prix : 6 francs.

Un bref aperçu du contenu de cet ouvrage, suffira à en marquer l'importance et l'actualité.

L'accroissement de la valeur du sol a été estimé, pour le territoire de Paris, à 50 millions de francs, annuellement ; pour le territoire de Berlin, à 110 millions de marks ; pour le territoire de Londres, à 8 millions de livres sterling ; pour le territoire de New-York, à 170 millions de dollars. Proportions gardées, il en va de même pour les autres grandes villes ou centres industriels actifs.

D'autre part, les charges fiscales s'alourdissent d'année en année. Les pouvoirs publics sont en quête de nouvelles ressources.

Les plus-values foncières n'offriraient-elles pas matière à impôt ?

Beaucoup l'ont pensé. Plusieurs même ont dénoncé comme une injustice l'appropriation de la rente du sol par les particuliers ; ils y ont vu la cause de la misère et du désordre social ; ils ont revendiqué pour l'État le bénéfice exclusif de la rente.

Sous l'effort d'une active propagande, ces idées ont trouvé crédit d'abord en Australie et au Canada ; elles ont pénétré en Allemagne et en Angleterre ; depuis trois ans, elles gagnent les pays latins. On peut dire que le Géorgisme est plus puissant aujourd'hui que jamais.

L'imposition de la rente foncière et le mouvement d'idées qui

inspire beaucoup de ses partisans soulèvent une foule de questions du plus haut intérêt : questions de fait et questions de principe. Quelle est, au juste, l'importance des plus-values, tant dans les régions rurales que dans les centres urbains ; tant dans les pays neufs que dans nos vieilles nations ? L'accroissement est-il constant, universel, uniforme ? Quels en sont les causes et les auteurs responsables ?

On a imputé la cherté des terrains à la spéculation, au monopole des propriétaires fonciers, à l'accaparement par ceux-ci du *Schmaler Band*, au système des constructions à appartements multiples, au crédit hypothécaire, etc.

Qu'en est-il en réalité ? C'est le sujet d'un débat qui se poursuit en Allemagne depuis quinze ans et qu'il importait de résumer et de critiquer. — Les *single-taxers* anglo-américains et les *Bodenreformer* allemands abritent leurs théories sous le patronage de Physiocrates; ils invoquent en faveur de leurs plans de réforme de prétendus précédents tirés des taxes rémunératrices usitées déjà sous l'Ancien régime et dans la loi impériale française du 16 septembre 1807. Ils prônent l'imposition des plus-values et d'autres taxes du même genre (par exemple l'*undeveloped land* inauguré par Lloyd George) comme des moyens d'abaisser le prix des terrains et de mettre le sol à la disposition de quiconque voudrait en faire un judicieux usage. Ils donnent leur système comme le dernier corollaire de la doctrine du libre-échange.

Quant au Géorgisme, il met en cause, avec la propriété privée du sol, tout le régime actuellement en vigueur. Il prétend échapper au collectivisme : mais la logique de ses principes l'y pousse en dépit de ses prétentions.

Ces problèmes, les uns d'ordre théorique, les autres d'ordre pratique, dominent toutes les controverses entre partisans et adversaires de l'imposition de la rente foncière.

L'auteur y consacre les six premiers chapitres de son travail. Puis il recherche comment on pourrait, sans ébranler les bases de l'édifice économique et social actuel, justifier l'impôt sur les plus-values spontanées. Il discute les avantages et les inconvénients de ce genre d'impôt; il en étudie l'incidence, le rendement, les effets économiques et les conditions d'établissement.

L'ouvrage se termine par l'analyse de toutes les lois actuellement en vigueur et des principales ordonnances qui ont été élaborées sur l'imposition de la rente ou des plus-values, en Aus-

tralie, en Nouvelle Zélande, au Canada, en Allemagne et en Angleterre.

Une bibliographie très soignée relève plus de huit cents documents officiels, livres et articles relatifs à la question. C'est un précieux instrument de travail pour quiconque voudra poursuivre l'étude du même sujet.

Partout l'exposé est clair, vivant, judicieux ; la documentation bien triée.

Cet ouvrage est le seul qui ait été publié en Belgique sur cette matière. Il n'a été précédé en France que par quelques thèses de doctorat qui ne sont guère que des ébauches. Il est le premier à traiter la question de façon aussi complète au triple point de vue économique, moral et fiscal.

H. D.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

BIOLOGIE (1)

—

A propos de la thérapeutique antirabique, d'application encore toute récente, le Dr Roux écrivait en 1896 : « La découverte de la prophylaxie de la rage a soulevé partout un véritable enthousiasme. Elle a plus fait pour la popularité de Pasteur que tous ses travaux antérieurs. En retour d'un semblable bienfait, le grand public voulut manifester sa reconnaissance d'une façon digne de lui et de celui qui en était l'objet : une souscription fut ouverte qui permit la fondation de l'Institut Pasteur (2). »

Pasteur guérissait de la rage ; c'en était assez pour justifier l'admiration et la reconnaissance du « grand public ». Peu importait, dès lors, que l'agent pathogène de la terrible maladie restât longtemps encore, et même toujours, inconnu. En fait, Pasteur est mort sans le découvrir. On raconte bien qu'il crut un jour l'avoir révélé, mais il ne s'en ouvrit qu'à quelques intimes, car il ne put jamais l'identifier avec certitude. Il se peut d'ailleurs que cette identification lui parût à lui-même un détail assez insignifiant, après le succès inespéré de ses inoculations immunisantes. Un fait, rappelé par E. Duclaux, nous permet du moins de le supposer : « Un micrographe habile et convaincu étant venu un jour lui dire, avec toute espèce de précautions de langage, que tel microbe qu'il avait pris pour un coccus était en réalité un tout petit bacille, fut tout étonné de l'entendre

(1) Études, livraison du 5 novembre 1913, p. 377 : *A propos du microbe de la rage*, L. Boule.

(2) Dr Roux, *L'œuvre médicale de Pasteur*, Agenda du Chimiste, 1896, p. 543.

répondre : « Si vous saviez combien cela m'est égal (1) ! » L'homme qui s'intéressait si peu à la morphologie microbienne ne devait apporter qu'une ardeur très modérée à la recherche, dans le virus rabique, de la forme parasitaire qui devait être, à l'exclusion de tous les autres éléments figurés, regardée comme la cause immédiate de l'infection.

Cette forme parasitaire, on vient, paraît-il, de la découvrir. Il est probable que « le grand public » ne manifestera pas, à cette occasion, le même enthousiasme que pour la découverte de la thérapeutique antirabique. Nous avons déjà, à ce sujet, entendu la réédition, sous une autre forme, du mot de Pasteur : « Si vous saviez combien cela m'est égal ! » N'en sait-on pas assez sur une maladie quand on possède contre elle un remède efficace et rapide ?... Le microbe de la rage doit donc s'attendre à être reçu avec assez d'indifférence ; seuls les savants feront fête à ce nouveau venu, et nous aimons à croire, du reste, que c'est là tout ce que désire M. le Dr Hideyo Noguchi, le jeune et déjà illustre bactériologiste japonais, qui a eu la bonne fortune d'observer le premier, dans ses cultures rabiques, l'agent infectieux si longtemps cherché (2).

Les termes de *virus*, de *virulence*, d'*infection*, et quelques autres, viendront souvent sous notre plume. Ce sont des termes déjà connus, mais non pas nécessairement compris de tous ceux qui les lisent. Il importe d'autant plus cependant de s'en faire une idée précise, que leur signification, au cours du siècle dernier, a fatalement subi le contre-coup de l'évolution même des doctrines médicales sur ces matières. Que les non-initiés se rassurent ; nous pensons pouvoir les amener, sans leur demander de trop grands efforts, à comprendre l'essentiel de ces questions spéciales, en leur exposant, divisé en trois étapes, l'historique de nos connaissances sur la maladie de la rage : l'étape des théories sur la virulence, l'étape des observations histo-pathologiques, l'étape de la découverte du microorganisme rabique.

L'étape des théories sur la virulence. — Pasteur, et avant lui, le Dr Duboué, en provoquant les symptômes rabiques par

(1) E. Duclaux, *Pasteur, histoire d'un esprit*, 1896, p. 316.

(2) Hideyo Noguchi, né à Wakamotou le 24 novembre 1876, est entré en 1904 à l'*Institut Rockefeller pour les recherches médicales*. C'est dans cet établissement scientifique, célèbre depuis quelques années par les expériences de Carrel sur la culture des tissus et des organes hors de l'organisme, que le Dr Hideyo Noguchi a entrepris ses recherches sur le microbe de la rage.

inoculation soit de salive, soit de substance nerveuse prélevée sur des sujets morts de rage, avaient démontré que la matière inoculée contenait des produits capables de déterminer, dans l'organisme soumis à l'expérience, des lésions identiques à celles de l'organisme d'où elle provenait. Et comme dans l'organisme tout est cellules ou produits de cellules, la matière inoculée renfermait donc, soit ces produits seuls, soit, avec eux, les cellules elles-mêmes qui les élaboraient. On était en 1881, et, à cette époque, la question de la *virulence* des tissus et des humeurs avait fait, sous l'influence prépondérante de Pasteur, d'assez notables progrès pour qu'une conclusion comme celle que nous venons de formuler ne rencontrât pas trop d'opposition dans les milieux biologiques et médicaux. Mais ces progrès ne dataient pas encore de très loin. On savait bien, depuis assez longtemps déjà, que les parties lésées de l'organisme, au cours de certaines maladies qualifiées d'infectieuses, devenaient capables de transmettre ces mêmes maladies, par pénétration dans un organisme sain ; que le liquide, par exemple, qui se développe dans les pustules de la variole, ou même les croûtes résultant de la dessiccation de ces pustules, ont la propriété de contaminer les sujets indemnes et d'y déterminer les réactions varioliques. On savait aussi que c'était hors de l'organisme qu'il fallait chercher la cause immédiate de l'infection. Mais en quoi consistait, d'une façon précise, ce qu'on appelait *l'agent* de cette infection ? On l'ignorait encore.

La voie avait été cependant ouverte aux conceptions modernes dès le milieu du XVIIIe siècle. En 1745, un physicien irlandais, l'abbé Needham, avait publié ses *Nouvelles observations microscopiques, avec des observations sur la composition et la décomposition des corps organisés,* dans lesquelles il affirmait la génération spontanée « d'animalcules » semblables à de petites aiguilles, au sein d'un mélange de jus de citron et de farine en fermentation. Un autre ecclésiastique, l'abbé Spallanzani, prouva qu'il n'en était rien, et que ces animalcules provenaient de germes préexistant dans l'air. Lorsque, à quelques années de là, l'idée vint à Bouillaud de comparer les phénomènes infectieux aux phénomènes fermentatifs, il semble que la théorie de l'origine microbienne de l'infection, aux dépens de germes préexistant hors de l'organisme, aurait dû, dès cette heure, s'imposer. Mais la théorie de la génération spontanée était encore trop en faveur pour que la science médicale songeât à tirer parti des expériences de Spallanzani.

Pendant longtemps encore, on devait vivre sur l'ancienne conception de la maladie infectieuse, caractérisée par un ensemble de processus morbides, ayant pour cause déterminante, dans un organisme d'ailleurs prédisposé à en subir l'influence, l'action d'émanations putrides, résultant, soit de la décomposition de substances organisées animales ou végétales, soit de l'entassement d'un grand nombre d'individus dans un local trop étroit. Lorsque les progrès de la microscopie permirent de déceler dans les lésions infectieuses l'existence de microorganismes suffisamment caractérisés, l'idée ne vint pas que ces parasites, développés dans les substances en putréfaction, ou dans l'air vicié des locaux encombrés, avaient pu s'introduire dans les sujets sains, à la faveur d'une excoriation des téguments, à travers les muqueuses, ou par quelque autre voie d'entrée, naturelle ou accidentellement ménagée, et y déterminer les phénomènes infectieux. Avec les idées de l'époque sur la génération spontanée, on regarda d'emblée ces microorganismes, non comme la cause, mais comme le résultat de l'infection, et ces idées exerçaient alors un tel empire, que Rayer et Davaine, après avoir observé, en 1850, dans le sang d'animaux morts du charbon, le premier microbe authentique, et Pollender, après avoir, cinq ans plus tard, reconnu à ce microbe les caractères d'un végétal, ne songèrent nullement, semble-t-il, à le rendre responsable des dégâts charbonneux. Ce ne fut que treize ans plus tard, lorsque, par ses expériences décisives, Pasteur eut ruiné la théorie de la génération spontanée, telle que la soutenaient ses contradicteurs, et démontré que les processus fermentatifs étaient dus à l'action de germes vivants introduits dans les milieux fermentescibles, que Davaine, reprenant l'étude de sa bactéridie charbonneuse, affirma et tenta de démontrer, contre de nombreux et illustres adversaires, que les processus infectieux devaient être, au point de vue de leur étiologie, conçus comme les processus de la fermentation, les uns et les autres étant déterminés par l'action d'êtres vivants microscopiques.

Les arguments de Davaine n'avaient cependant pas calmé tous les scrupules scientifiques de ses adversaires. A Pasteur était réservé l'honneur de faire triompher définitivement ces vues nouvelles, comme il venait d'avoir l'honneur de faire triompher celles de Spallanzani. Il réussit, en effet, à cultiver la bactéridie dans l'urine neutre, et à obtenir, après un certain nombre d'ensemencements, par son procédé de dilutions successives, de la culture charbonneuse pure, dont l'inoculation était mortelle.

Cette culture étant débarrassée de tout autre organisme que la bactéridie, c'était donc à celle-ci qu'il fallait attribuer les symptômes infectieux. Pasteur compléta sa preuve en inoculant du liquide de culture, après l'avoir fait passer au travers d'un filtre de terre poreuse, qui arrêta les bactéridies. Les animaux survécurent à l'inoculation et ne présentèrent presque aucun des symptômes caractéristiques de la maladie. Il fallut en conclure que la bactéridie agissait nécessairement par elle-même, et directement, sur l'organisme, puisqu'en son absence il ne pouvait y avoir éclosion des processus morbides. On remarqua pourtant, dans le sang des animaux auxquels on avait inoculé le filtrat, une agglutination des hématies, aussi prononcée que dans les cas d'inoculation de culture non filtrée ou de sang charbonneux : les bactéridies avaient donc élaboré des produits qui, répandus dans le milieu de culture et ayant traversé le filtre, déterminaient ce symptôme particulier de la maladie du charbon.

On était dès lors en possession du mécanisme complet d'un cas particulier d'infection. A ce cas, d'autres de même nature s'ajouteront sans tarder, et on pourra bientôt formuler une théorie, définitive dans ses grandes lignes, et applicable non seulement aux processus dont l'agent pathogène a pu être observé, mais à ceux-là aussi dont l'agent est inconnu, pourvu qu'ils présentent avec les autres une identité essentielle d'allures, comme, par exemple, les processus rabiques. A partir de ce moment, en effet, l'existence du microbe infectieux de la rage n'a fait aucun doute, et c'est en appliquant à cette maladie ses principes de thérapeutique des maladies microbiennes, que Pasteur a obtenu les résultats que l'on sait.

Il ne sera peut-être pas hors de propos de dire ici un mot de ces principes, après avoir indiqué quelle idée on doit se faire, à l'heure actuelle, d'une maladie microbienne.

On sait que tout être vivant supérieur est constitué par un ensemble de parties, de volume variable, vivantes elles-mêmes, et qu'on appelle des *cellules*. Au point de vue vital, ces cellules sont les constituants élémentaires des êtres organisés dont nous parlons. Or, si chacune de ces cellules est vraiment vivante, on peut la concevoir comme isolée de ses voisines et vivant d'une vie partiellement autonome. Ce n'est point le lieu de nous attarder à prouver que cette conception n'est pas une pure vue de l'esprit, mais qu'elle est, dans une certaine mesure, fondée sur la réalité biologique, et que si toutes les cellules, tant qu'elles font partie intégrante d'un organisme, sont gouvernées, dans

leur travail de différenciation spécifique structurale et fonctionnelle, par un principe unique, qui, en les informant, fait concourir toutes leurs actions partielles à un résultat d'ensemble, il n'en est pas moins vrai que chacune de ces cellules est le siège de phénomènes vitaux qui lui sont propres, et dont le but direct n'est pas le bien-être de tout l'organisme, mais la satisfaction de besoins cellulaires individuels. Les expériences de survie des cellules hors de l'organisme, réalisées par Carrel, ne nous ont, à ce point de vue, presque rien appris de nouveau : elles ne sont qu'une très délicate et très heureuse application de principes depuis longtemps connus, et qui nous autorisent à regarder les éléments cellulaires des êtres vivants comme autant de microorganismes, jouissant, dans certaines limites, d'une véritable indépendance vitale. Ces limites, assez étroites pour les cellules qui font partie de masses compactes, s'élargissent étrangement pour certaines autres, comme les cellules sexuelles et les globules sanguins, qui, du moins à certains stades de leur évolution, vivent en liberté dans l'organisme. Toutefois, l'indépendance cellulaire complète n'est réalisée que chez les individus constitués par une seule cellule. Tel est le cas des agents pathogènes des maladies infectieuses.

Ces agents pathogènes sont des microbes (1), et les maladies infectieuses qu'ils provoquent sont dites maladies microbiennes. Les symptômes variés qui les caractérisent ne sont que le résultat de la lutte engagée entre l'organisme et les microbes qui l'ont envahi. Quant au milieu infectant (air vicié par la putréfaction de matières organiques ou par l'encombrement), considéré autrefois comme la cause immédiate de la maladie, il ne nous apparaît plus que comme une condition, soit de la culture, soit du transport, soit de la pénétration dans les sujets sains, de microorganismes, qui, devenus pathogènes pour des raisons diverses, sont en réalité la cause immédiate unique de l'infection.

Nous disons que les microbes introduits dans l'organisme y deviennent pathogènes pour des raisons diverses, et nous voulons insinuer par là, ce que l'on comprendra beaucoup mieux dans quelques instants, que l'action microbienne n'est pas nécessairement nocive. Mais nous envisageons les cas où cette

(1) Le terme de *microbe* n'exclut cependant pas, en droit, la pluralité cellulaire : il s'applique à toutes les formes vivantes inférieures, soit animales, soit végétales, qui sont, en raison de leurs dimensions très réduites, du domaine de l'observation microscopique. En fait, toutefois, seuls les microorganismes unicellulaires sont qualifiés de microbes.

action, en fait, provoque l'infection, et nous devons déterminer en quoi consiste l'influence morbifique de l'agent microbien.

Lors des premières recherches sur les phénomènes de la fermentation, on avait cru pouvoir conclure de certains faits, que les microorganismes, ou *ferments figurés,* qui déterminaient les processus fermentatifs, agissaient par une action de simple présence. On sait aujourd'hui que leur influence s'exerce sur le milieu dans lequel ils vivent, par l'intermédiaire de produits spéciaux, auxquels on a donné différents noms : *ferments solubles*, *diastases*, *zymases*, *enzymes*, produits que la cellule microbienne déverse dans le milieu, après les avoir élaborés, fabriqués dans sa propre substance. Il est vrai que cette substitution du ferment soluble au ferment figuré, dans l'explication de la détermination immédiate des phénomènes fermentatifs, jette peu de lumière sur la nature intime de cette détermination, et certaines considérations sembleraient autoriser la chimie biologique à attribuer à ce ferment soluble l'action catalytique, ou de simple présence, attribuée d'abord au ferment figuré.

Sommes-nous mieux renseignés sur les fermentations pathologiques déterminées dans l'organisme par l'invasion des microbes infectieux ?

Il est certain, à l'heure actuelle, que ces microbes sont tous zymogènes, c'est-à-dire élaborateurs et sécréteurs de ferments solubles, ou zymases. Il est certain aussi que ces zymases exercent sur l'organisme une action pathogène, une sorte d'empoisonnement, d'où leur nom de zymases toxiques, ou, plus brièvement, de *toxines* (du grec τοξικὸν, qui signifie poison). La note de Pasteur à l'*Académie des Sciences*, en juillet 1877, avait déjà mis ce dernier point hors de conteste (1).

Mais le microbe zymogène n'exerce-t-il pas lui-même, sur les cellules de l'organisme qui l'hébergent, une action propre et directe, se surajoutant à celle qu'il exerce par l'intermédiaire de sa toxine ? Il semble bien que les expériences de Pasteur sur la bactéridie charbonneuse donnent le droit de répondre affirmativement. En effet, le liquide de culture de la bactéridie, inoculé après filtrage, ne détermine que des symptômes bénins. Ces symptômes sont imputables, sans aucun doute, à l'action des toxines qui ont traversé le filtre et ont été inoculées avec le liquide de culture. Nous avons rappelé plus haut que si on mé-

(1) Expériences d'inoculation de la culture filtrée de la bactéridie charbonneuse et du microbe du choléra des poules.

lange à du sang normal une certaine quantité de sérum charbonneux filtré, on provoque l'agglutination des hématies de ce sang normal, tout comme si on avait inoculé du sérum charbonneux non filtré à un sujet sain. Quant à l'absence des symptômes que le liquide de culture filtré est incapable de déterminer, elle se rattache, à n'en pas douter, à l'absence des bactéridies que le filtre a retenues. Dans la pensée de Pasteur, par exemple, ces microorganismes bactéridiens étant aérobies, c'est-à-dire, exigeant pour vivre la présence de gaz oxygène libre, auraient soustrait cet oxygène aux hématies, ou globules rouges du sang, qui, perdant leur coloration normale par suite de cette soustraction, auraient donné aux vaisseaux et aux tissus la teinte noire caractéristique de la maladie du charbon. Les arguments apportés par Chauveau contre cette explication ne semblent pas péremptoires. En tout cas, un fait incontestable domine la question et nous paraît la trancher : qu'il s'agisse du charbon, du choléra des poules, de la rage, ou de toute autre maladie infectieuse, le microorganisme spécifique de ces affections ne peut vivre dans son hôte qu'en lui empruntant les matériaux nutritifs dont il a besoin. Or si on connaît des cas, que nous pourrions appeler cas de *parasitisme pur*, où des emprunts faits à l'hôte ne semblent pas lui être particulièrement nocifs, il ne peut pas en être ainsi quand il s'agit de *parasitisme infectieux*, où le seul fait de la multiplication extraordinaire des germes vivants étrangers porte nécessairement ces emprunts à un taux tellement élevé que l'organisme envahi en souffre fatalement. Si l'on peut parler d'action de *simple présence*, sans trop savoir d'ailleurs ce qui se cache sous cette expression, lorsqu'il ne s'agit que de toxines, qui ne sont pas des substances vivantes, et si l'on peut, à la faveur de cette circonstance, rapprocher leur mode d'agir de celui des substances catalytiques minérales, le terme ne semble plus de mise quand il est question d'êtres vivants, se nourrissant dans un milieu organique et aux dépens de ce milieu. Ce n'est point simplement parce que la bactéridie charbonneuse se trouve en contact avec les cellules du sang, ou le microbe de la rage avec les cellules des centres nerveux, que le sujet infecté présente des phénomènes pathologiques spéciaux, mais bien parce que, étant là, ces microorganismes doivent y vivre et y évoluer, et qu'ils ne peuvent le faire sans causer à leur hôte des dégâts plus ou moins importants. C'est précisément à l'importance de ces dégâts, dus soit au microbe, soit à ses toxines, que l'on apprécie ce qu'on appelle le degré relatif de *virulence*.

Ce terme a été employé, au début, pour caractériser la propriété qu'avaient certaines substances, prélevées sur un malade atteint d'une maladie infectieuse, de communiquer cette maladie par pénétration dans un organisme sain. Ainsi, le sang d'un animal charbonneux était virulent, la salive d'un animal rabique était virulente. Il faut regarder aujourd'hui cette propriété comme propre au microbe spécifique de ces maladies, et à sa toxine.

La substance virulente a porté pendant longtemps le nom de *virus;* mais quand on eut découvert l'existence de microorganismes dans les substances virulentes, on se demanda si la virulence était attachée à ces microorganismes eux-mêmes ou à *autre chose.* On pencha pour cette dernière hypothèse, et ce fut cette *autre chose,* qui n'était pas le microbe, et qui, inoculée, transmettait la maladie, qui prit le nom de virus. De nos jours, ce terme a été réservé aux substances infectieuses dont l'agent pathogène était encore inconnu. La rage est une des dernières maladies virulentes pour lesquelles il était d'usage de l'employer. Si la découverte de Hideyo Noguchi est confirmée, le *virus rabique* aura vécu. Rien d'ailleurs ne s'oppose à ce que ce terme de virus, qui bientôt peut-être n'aura plus d'emploi, soit utilisé pour désigner quelque substance microbienne que ce soit, apte à transmettre une infection. C'est dans ce sens que nombre d'auteurs s'en sont déjà servis.

Le degré de virulence, avons-nous dit, est relatif. Il est relatif au microbe et aux conditions du milieu où l'infection se développe. Tous les microbes infectieux n'élaborent pas des toxines également nocives, et un même microbe élaborera des toxines dont l'action morbifique sera plus ou moins grande selon les circonstances. Ces circonstances peuvent d'ailleurs être très diverses. Quand elles ne tiennent pas au microbe lui-même, placé par exemple dans des conditions défavorables de nutrition, elles relèvent, d'ordinaire, de la résistance plus ou moins efficace de l'organisme infecté. C'est pourquoi un microbe, jusque-là inoffensif, peut devenir subitement pathogène. C'est pourquoi aussi, sans doute, un microbe pathogène pour une espèce, ou pour un individu, ne le sera pas pour un autre individu ou une autre espèce. La rage elle-même, dont l'agent infectieux était regardé par Pasteur comme un des rares *virus fixes*, est sujette à d'étonnantes variations dans les résultats consécutifs soit à la morsure, soit à l'inoculation, à moins que sa virulence n'ait été exaltée par une série de cultures dans un organisme approprié.

Ainsi, quand on fait passer le virus de lapin en lapin, la période d'incubation diminue de durée à chaque passage ; d'une vingtaine de jours qu'elle était au début, elle finit par n'être plus que de sept jours après une trentaine d'inoculations, mais il a été impossible de la diminuer davantage. Si on fait passer le virus rabique de singe en singe, on obtient au contraire une atténuation de la virulence : la durée de la période d'incubation devient de plus en plus longue. L'agent pathogène est donc plus ou moins virulent selon les conditions qui lui sont faites par l'organisme qui l'héberge.

Rien n'est plus remarquable que cette lutte de l'organisme envahi contre les microbes envahisseurs. Les deux adversaires combattent avec les mêmes armes : ce sont, de part et d'autre, des toxines qui sont aux prises. Nous avons fait remarquer plus haut qu'il était permis de considérer les éléments vivants d'un organisme pluricellulaire comme autant d'unités, présentant, avec les phénomènes qui appartiennent à la vie d'ensemble, des réactions vitales qui leur sont propres. Nulle part on ne saisit mieux cet aspect de la biologie cellulaire que dans les processus de défense des cellules infectées. Ces cellules, tout comme les cellules parasitaires qui les attaquent, sont aptes à élaborer des enzymes, et il est même admis qu'elles en élaborent normalement, pour la réalisation des synthèses organiques chargées de pourvoir à l'intégrité anatomique essentielle de la substance vivante. Or ces enzymes, sécrétées en quantité suffisante, peuvent être toxiques pour certains microbes, assez du moins pour les rendre inoffensifs. Ces enzymes de l'hôte, qui s'opposent à l'action toxique des enzymes de l'envahisseur, portent le nom d'*antitoxines*. Provoquer dans un organisme une production d'antitoxines capable, soit de tuer les microbes infectieux, soit de neutraliser leurs toxines, c'est conférer à cet organisme l'*immunité* vis-à-vis de l'action de ces microbes.

Or, cette question de l'immunisation a été résolue par Pasteur dès 1879, sans que l'illustre savant fût d'ailleurs en état, à cette époque, d'expliquer comment un organisme devient réfractaire à l'influence d'un virus pathogène. Il avait seulement remarqué, dans ses recherches sur le choléra des poules, qu'un virus peut être atténué, et qu'un virus atténué acquiert des propriétés immunisantes ou vaccinantes. Vers la même époque, des observations analogues furent faites sur le virus charbonneux, et ce fut à la suite de ces résultats que l'idée vint à Pasteur d'atténuer le virus rabique et d'expérimenter sa propriété immunisante. Si

on abandonne à la dessiccation la moelle épinière d'un animal mort de rage, cette moelle, au bout de quatorze jours, a tellement perdu de sa virulence, qu'elle ne détermine aucun symptôme rabique, même inoculée aux plus fortes doses, et de plus « un chien qui reçoit cette moelle de quatorze jours, puis le lendemain celle de treize jours, puis celle de douze jours, et ainsi de suite jusqu'à la moelle fraîche, ne prend pas la rage, et il est devenu réfractaire contre elle. Inoculé dans l'œil ou dans le cerveau avec le virus le plus fort, il reste bien portant. Il est donc possible de donner, en quinze jours, à un animal l'immunité contre la rage. Or, les hommes mordus par les chiens enragés ne prennent d'ordinaire la rage qu'un mois et même davantage après la morsure. Le temps de l'incubation pourra être utilisé pour rendre la personne mordue réfractaire (1) ».

Que la rage fût une *maladie virulente*, au sens où beaucoup entendaient encore ce mot, c'est-à-dire opposée à *maladie parasitaire*, ou qu'elle relevât bien réellement de l'activité, au sein de l'organisme, de microbes pathogènes introduits du dehors, c'était une question à débattre entre savants. Seul le côté thérapeutique intéressait le public : pour lui, le but était atteint ; pour la science, ce n'était qu'une invitation à de nouvelles recherches. En attendant que le microbe supposé existant dans ce qu'on appelait le virus rabique, pût être révélé, l'attention se porta sur la nature des lésions organiques caractéristiques de la maladie.

L'étape des observations histo-pathologiques. — Nous avons dit déjà que les êtres un peu élevés en organisation étaient constitués par un ensemble d'éléments vivants auxquels on a conservé le nom de *cellules*, que leur ont donné les premiers observateurs. En plus des caractères très généraux qui permettent d'appliquer à tous ces éléments ce même nom générique, il existe des caractères particuliers qui les différencient parfois profondément. Ainsi, une cellule nerveuse, ou une cellule musculaire, ne ressemble que de très loin à une cellule adipeuse. Or, les cellules qui présentent les mêmes caractères différentiels sont d'ordinaire associées, en nombre plus ou moins considérable, en divers points de l'organisme. Elles peuvent, en se groupant ainsi, s'enchevêtrer les unes dans les autres, à la manière des fils qui constituent la trame d'un *tissu*, d'où, dans

(1) Dr Roux, *L'œuvre médic. de Pasteur*. AGENDA DU CHIMISTE, 1896, p. 543.

la langue biologique, les termes de *tissu nerveux*, de *tissu musculaire*, etc. Or, si l'on songe qu'à ce terme français de tissu correspond le terme grec ἱστός, on n'aura pas de peine à comprendre ce que nous entendons par observations *histo-pathologiques*. Relatons brièvement le résultat de ces observations.

Ce ne fut point pour se consoler de ne pouvoir découvrir l'agent infectieux de la rage, que la science s'appliqua à l'étude des lésions que cet agent provoque dans les tissus. On commençait à peine à admettre, dans le monde savant, la théorie de l'origine microbienne de l'infection, que déjà Meynert avait eu l'attention attirée sur les dégâts histologiques qui la caractérisent.

Le système nerveux (cerveau, bulbe, moelle épinière, ganglions cérébro-spinaux) étant le lieu d'élection du parasite rabique, c'est là qu'il fallait s'attendre à constater les lésions les plus importantes. Pour cette raison aussi, il allait de soi que les neurologistes fussent les premiers à s'intéresser à ces recherches. On n'a pas tardé d'ailleurs à entrevoir l'utilité pratique, au point de vue médical, de l'étude des ravages anatomiques de la rage.

On sait que la période d'incubation de la maladie, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre l'introduction du virus et l'éclosion des premiers symptômes, est très variable. Certains organismes sont absolument réfractaires. L'homme lui-même oppose à l'envahissement de l'infection une résistance remarquable, puisque sur cent personnes mordues par des chiens rabiques, une moyenne de quinze seulement contractent la maladie. L'invasion, d'autre part, quand elle se produit, peut demander un temps relativement considérable, la durée de l'incubation oscillant entre une vingtaine de jours et cinq à six mois.

L'utilité du diagnostic histologique consiste en ce qu'il permet de constater, dans certaines conditions, si l'animal mordeur était ou non atteint de rage et, en conséquence, de prescrire à temps ou de déclarer inutile le traitement pasteurien.

Il semble bien que ce soient Van Gehuchten et Nélis, qui ont, dès 1900, indiqué, les premiers, quelques caractéristiques neuropathologiques sûres de l'infection rabique.

La cellule nerveuse, au début de l'invasion, répond à l'action des toxines microbiennes par une réaction intense : son noyau, normalement central, est déjeté à la périphérie, et ses masses chromatiques se désagrègent. Ces phénomènes doivent-ils être regardés comme des processus de défense ? Peut-être ; mais ils ne peuvent, dans ce cas, avoir d'autre résultat que de retarder la défaite finale de l'organisme. Quand le virus, en effet, a rencontré

un terrain assez favorable pour y provoquer ces premières manifestations, il a partie gagnée. La cellule finira par succomber et par disparaître. Elle sera remplacée par des éléments non nerveux de néo-formation, résultant de la prolifération active des cellules de névroglie, dispersées sans ordre apparent, dans les centres, au milieu des cellules nerveuses, ou constituant autour d'elles, dans les ganglions cérébro-spinaux. une véritable enveloppe capsulaire.

Lorsqu'un animal meurt par le fait de l'intoxication rabique, ces phénomènes neuropathologiques sont accentués au maximum, et leur observation ne laisse aucun doute sur le diagnostic à porter. La valeur spécifique de ces lésions a pourtant été contestée. On a dit que l'absence, dans les ganglions nerveux, de la prolifération des cellules capsulaires et, par suite, de *nodule*, *tubercule* ou *follicule rabique*, constitué par l'agglomération de ces cellules à l'emplacement occupé jadis par l'élément nerveux, n'excluait pas l'existence de la rage. Il est bien évident, en effet, que le virus préexiste dans l'organisme à la production des nodules déterminés par son action ; si donc l'animal meurt accidentellement avant que l'invasion du système nerveux soit suffisamment avancée, les lésions caractéristiques dont nous parlons feront défaut, malgré la présence dans l'organisme de l'agent pathogène. Mais là n'est point la question ; il s'agit de savoir si ces lésions, quand elles existent, ont, au point de vue de l'infection rabique, une valeur pathognomonique incontestable. Marinesco prétend que non, et la raison qu'il en donne est qu'il a eu l'occasion d'observer des lésions semblables dans des cas autres que la rage. Un diagnostic beaucoup plus sûr, à son avis, est celui qu'on pourrait fonder sur les observations de Cajal, et sur les siennes propres, touchant les modifications qui surviennent dans la forme et la disposition des trabécules du réseau fibrillaire de la cellule nerveuse. On a fait remarquer, il est vrai, que des influences autres que l'influence rabique pouvaient déterminer des modifications semblables des éléments du réticule endocellulaire ; mais à cela, Marinesco répond que ces modifications ne sont pas en tous points identiques à celles de la rage et que l'on peut se rendre compte si ces influences non rabiques sont intervenues dans la production des lésions histologiques observées. Or, il nous semble, jusqu'à preuve du contraire, que Van Gehuchten peut faire siennes contre les objections de Marinesco ces mêmes réponses, et soutenir que les modifications histo-pathologiques qu'il a signalées sont tout

aussi spécifiques que celles signalées par d'autres, et de nature, par conséquent, à fonder un diagnostic tout aussi précis.

L'étape de la découverte du microorganisme rabique. — Dès qu'il fut admis par les savants que les phénomènes de la rage sont sous la dépendance d'une action microbienne, on tenta de nombreux efforts pour découvrir le redoutable agent pathogène. Negri crut l'avoir trouvé, le jour où il observa, à l'intérieur de certaines cellules nerveuses, de petits corpuscules brillants, de forme ronde ou ovalaire, qu'on a appelés depuis *corpuscules de Negri*. Mais pour des raisons que quelques-uns jugent convaincantes, il paraîtrait que ces formations représentent, non le parasite lui-même, mais une simple réaction anatomique résultant de l'influence de ce parasite sur les cellules envahies.

Si Babès, qui fut probablement le premier à les observer, ne leur reconnut pas l'importance que devait leur attribuer Negri, ce fut sans doute parce qu'il découvrit, au sein des cellules nerveuses en voie d'atrophie, d'autres formations de taille plus réduite (très fines granulations sphériques qui se colorent en noir ou bleu par le procédé Cajal-Giemsa), et qui lui semblèrent répondre, mieux que les corpuscules, à l'idée qu'on devait se faire de l'agent rabique. Pour lui, les corps de Negri ne se formeraient pas dans n'importe quelles cellules du système nerveux, mais dans celles qui sont plus réfractaires que les autres à l'action des toxines microbiennes. Ces cellules finiraient par « incapsuler » et « séquestrer » l'agent pathogène, et ainsi les corps de Negri ne seraient pas le parasite, mais ils le renfermeraient (1).

C'est sans doute à des granulations semblables à celles de Babès que Belzung fait allusion quand il écrit, sans hésiter, au sujet du microbe de la rage : « C'est un *microcoque* fort petit, qui pullule surtout dans le bulbe des animaux, quand ces derniers viennent à succomber au mal (2). » On sait que les microcoques, êtres unicellulaires, à forme sphérique, appartiennent au groupe des bactéries, et que les bactéries sont classées parmi les végétaux. Le parasite de la rage serait donc, d'après Belzung, un microorganisme végétal. Cela n'a rien, en soi, d'invraisemblable ; mais l'affirmer, en 1900, c'était s'avancer beaucoup, et il serait peut-être encore plus périlleux de le soutenir de nos jours, s'il faut en croire les récentes communications de Noguchi.

(1) *Les corpuscules de Negri et le parasite de la rage*, par V. Babès (de Bucarest). La Presse médicale, n° 84, 20 octobre 1906, p. 669.

(2) Er. Belzung, *Anatomie et physiologie végétales*, Paris, 1900, p. 1240.

Le savant japonais a bien voulu donner à la PRESSE MÉDICALE de Paris, la primeur de sa découverte (1). Dans ses cultures de virus rabique, il a observé « des corpuscules granulaires minuscules et des corpuscules pléomorphiques chromatoïdes un peu plus gros qui, à la suite de transplantation, reparaissent dans les nouvelles cultures pendant de nombreuses générations ». Il ajoute : « A quatre occasions différentes, j'ai observé... des corpuscules nucléés ronds ou ovales, entourés de membranes, qui différaient totalement des corpuscules granulaires plus petits, bien que se produisant dans les mêmes cultures que ces derniers. Leur apparition a été soudaine et abondante, d'une durée de quatre à cinq jours ; ils ont ensuite subi une diminution qui a coïncidé avec l'augmentation des corpuscules granulaires... Les corpuscules nucléés cultivés sont en train de se multiplier activement, par division ou par bourgeonnement, et ont l'apparence, non pas de bactéries, mais de protozoaires. »

L'inoculation de cultures de Noguchi ayant déterminé les symptômes typiques de la rage, on peut croire qu'on se trouve bien, cette fois, en présence du microbe rabique ; mais une question va peut-être se poser maintenant, qu'il ne sera pas facile de trancher : la question de priorité de la découverte.

On avoue déjà que certains des corpuscules nucléés de Noguchi ne peuvent être différenciés des corpuscules de Negri. Noguchi lui-même a donné dans son article de LA PRESSE MÉDICALE, une microphotographie de ces corpuscules, en regard d'une microphotographie de ses propres cultures, et il faut avouer que pour un lecteur non averti par la légende des figures, la confusion serait des plus faciles.

Tout porte à croire, de par ailleurs, que la forme granulée et la forme nucléée (granule central formant noyau, et membrane périphérique) de Noguchi, représentent deux stades différents de l'évolution de la même forme parasitaire. Or, Babès, en 1906, regardait le parasite de la rage, qu'il supposait incapsulé dans le corpuscule de Negri, comme un parasite en voie soit de régression, soit peut-être de transformation normale. La forme granulée observée par Noguchi ne serait-elle pas la granulation parasitaire de Babès, et la forme nucléée, le parasite corpusculaire de Negri, c'est-à-dire la granulation parasitaire de Babès à un stade spécial de son évolution ?...

Certains auteurs ont beaucoup médit des corpuscules de

(1) LA PRESSE MÉDICALE, n° 73, samedi 6 septembre, 1913, p. 729.

Negri, au point de vue de leur valeur de diagnostic ; mais d'autres les ont réhabilités. On s'est montré parfois trop surpris de ne pas rencontrer ces corpuscules dans toutes les cellules du système nerveux en dégénérescence rabique, et Marinesco présente comme un argument contre leur nature parasitaire, le fait qu'on les trouve dans des cellules saines ou peu modifiées (1). C'est oublier qu'à certains de leurs stades évolutifs, des formes parasitaires peuvent exiger, dans un même tissu, des milieux cellulaires différents, appropriés à des besoins transitoires, et qu'un parasite n'est pas nécessairement, à toutes les étapes de ses transformations successives, nocif pour son hôte. Quant à « la non-cultivabilité » des corpuscules de Negri, mise aussi en avant par Marinesco, elle peut dépendre d'une insuffisance des méthodes techniques employées jusque-là. Noguchi dit bien, de ses parasites à lui : « Aucune des formes mentionnées ne se développe dans les différents autres milieux essayés jusqu'ici, et les cultures prennent une apparence de stérilité lorsqu'on leur fait subir les preuves bactériologiques ordinaires. » S'il venait à être établi que les corpuscules de Negri ne sont qu'une des formes de transition du microbe rabique, on trouverait, sans trop de difficulté, une réponse satisfaisante aux objections contre le caractère parasitaire de ces formations intracellulaires.

Enfin, n'est-il pas remarquable que Davis, dans sa communication sur *les corps de Negri dans la rage* (2), après s'être refusé à voir dans ces formations un produit de dégénérescence banal, et avoir accepté la possibilité d'une explication qui en ferait de vrais parasites rabiques, se hasarde jusqu'à insinuer que ces parasites sont peut-être des protozoaires ?...

Si nous donnons ainsi à Hideyo Noguchi l'allure de quelqu'un qui « redécouvre », nous ne voulons point dénigrer son œuvre. Si l'hypothèse que nous avons émise se réalise, si l'on arrive à établir que les *granulations de Babès* et les *corps de Negri* sont identiques aux *formes granulées* et aux *corpuscules nucléés de Noguchi*, et que ce ne sont là que des états différents d'un seul parasite spécifique de la rage, c'est à Noguchi qu'en reviendra l'honneur.

LOUIS BOULE.

(1) Rapport présenté par Marinesco au XIIIe Congrès international de médecine. Paris, 2-9 août 1900.

(2) THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, 14 juillet 1906.

GÉOGRAPHIE

—

L'Année Cartographique. — Supplément annuel à toutes les publications de Géographie et de Cartographie, dressé et rédigé sous la direction de F. Schrader. — Vingt-deuxième année.

Trois feuilles doubles de cartes en couleurs avec un texte explicatif au dos. — Paris, Hachette, novembre 1912.

Feuille d'Asie : *Péninsule Ya-Mal* d'après les levés de l'expédition Jitkoff, 1908. — *Asie Turque* (Itinéraires du Dr M. le Bon d'Oppenheim, R. Campbell-Thompson, Ewald Banse). — *Himalaya* et *Se-Tchouen* (Itinéraires de I. C. White à travers le *Sikkim* et le *Bhoutan)*. Mission Brunhüber et Schmitz au *Yun-Nan ;* Cours du *Yang-Tsé* supérieur et *Ya-Long* inférieur levés par le Capc de frégate Audemard (Exploration du Cte Ch. de Polignac) ; Itinéraire de la mission Legendre au *Se-Tchouen* (Vallées du *Ya-Long* et du *Kien-Tchang) ;* Route suivie par le Capne F. M. Bailey). — *Nouvelle Guinée* (d'après les cartes de l'Amirauté anglaise, de l'atlas colonial allemand, de l'atlas colonial hollandais et les itinéraires les plus récents).

L'*Asie russe* a fait l'objet de diverses explorations.

Le littoral russe de l'océan Pacifique depuis la frontière de la *Corée* jusqu'au détroit de *Behring* formait une immense province maritime. Elle vient d'être démembrée. La moitié méridionale, couvrant 1 547 330 kilomètres carrés, continue à porter l'ancienne dénomination. La partie Nord forme deux nouvelles circonscriptions administratives : les *provinces de Sakhalin,* 37 990 kilomètres carrés, et de *Kamtchatka*, 1 257 110 kilomètres carrés, en y comprenant la ville d'*Okhotsk* et son cercle.

Une presqu'île s'avance au Nord entre les embouchures de la *Khatanga* et de l'*Anabara*, deux fleuves sibériens. La pointe extrême de cette presqu'île doit être reportée trente minutes plus au Nord, d'après une exploration récente de M. *Tolmatcheff*, et d'autre part elle voisine, non pas avec une île, qu'on appelait la *Transfiguration*, mais avec deux.

Au Nord-Ouest de la *Sibérie*, entre la mer de *Kara* et la baie de l'*Ob*, se prolonge une immense presqu'île appelée *Yal-Mal* sur nos cartes, mais dont le nom véritable en samoyède est *Ya-Mal*, ou Finisterre. Le tracé des contours extérieurs est dû au

voyageur russe M. *Jitkoff* ; sa carte marque de vrais progrès sur celle du Dépôt de la Guerre Russe au 1/4 200 000. Deux grands lacs jumeaux, les *Yarro-To*, doivent remplacer deux lacs minuscules ; deux autres lacs jumeaux, les *Yambou-To*, doivent être portés deux degrés plus au Nord, enfin le cours de la rivière *Youribëi* est à remanier.

Le professeur *V. V. Sapojnikoff* a découvert dans l'*Altaï* les monts *Kaptchal, Kara-Aïry, Yoldo-Aïry, Ak-Trou.*

La population du *Céleste-Empire* en 1911 était estimée à

Chine propre . . .	325 817 750	habitants.
Tibet	2 000 000	»
Mongolie	1 800 000	»
	329 617 750	»

L'exploration des vastes régions, où la *Chine* a établi sa suzeraineté, se poursuit par des voyageurs de diverses nationalités. Signalons surtout l'expédition anglaise dite *Abor Expedition* qui a parcouru la région du bas *Dihong*. Il y a une trentaine d'années, il y avait désaccord chez les géographes au sujet de la rivière qui enrichit de ses eaux le fleuve tibétain, le *Tsan-Po*. Le pandit K-P (Kinthup) réussit alors à descendre le *Tsan-Po*, jusqu'au point distant de cent kilomètres environ du *Dihong*, qui, avec le *Dibang* et le *Lohit*, forme le *Brahmapoutra* ; on se basa sur ses observations pour considérer le problème du *Tsan-Po* comme résolu.

L'*Abor Expedition* devait explorer le fleuve dans la partie qui n'avait pas encore été vue. L'hypothèse de K-P. s'est pleinement confirmée, et le dernier tronçon inconnu du *Tsan-Po-Brahmapoutra* est levé en grande partie. C'est ce que montre la carte au 1/2 534 400 publiée par l'*Indian Survey*.

Pour l'*Inde Anglaise*, qui n'offre plus guère à explorer au point de vue *géographique*, attendu qu'elle a été levée sur presque toute son étendue, nous avons à signaler quelques faits de géographie humaine. En mars 1911, le nombre d'habitants des possessions directes de l'*Angleterre* était de 244 267 542 ; les états semi-indépendants avaient une population de 70 864 995. Depuis 1901 l'augmentation totale de la population de l'*Empire des Indes* est de 20 771 481.

On sait que la capitale de l'*Empire Indo-Britannique* a été transférée de *Calcutta* à *Delhi*. D'autre part, les divisions poli-

tiques et administratives de l'empire ont été modifiées. Les deux provinces orientales : *Bengale* et *Bengale oriental* et *Assam* en forment maintenant trois : 1° *Bengale* composé des divisions de la *Présidence*, de *Burdwan*, de *Dacca*, de *Rajshahi* et de *Chittagong* ; 2° *Behar et Orissa*, située à l'Ouest de la précédente ; — 3° *Assam*, rentrée dans les limites d'avant 1905.

M. *D. Aitoff*, l'auteur de la notice qui accompagne la carte d'Asie, signale au surplus une série d'explorations qui ont eu l'*Asie* pour théâtre, et de cartes qui ont paru dans le Geographical Journal de Londres (1911) et dans les Mitteilungen de Petermann (1911).

Feuille d'Afrique : *Les frontières du Cameroun* d'après l'Accord Franco-Allemand du 4 novembre 1911. — *Région entre les rivières Mbomou et Mbokou*, modifiée d'après les levés de M. Albert Piquet. — *Les régions du Ouadaï et de l'Ennedi* d'après les travaux les plus récents des Officiers du Territoire militaire. — *Les zones d'influence du Maroc* (d'après le Traité secret de 1904 rendu public en novembre 1911). — *Maroc occidental*. Itinéraires du professeur Louis Gentil entre l'*Oued Tensift* et *Agadir* (1909-1910).

M. le professeur *Louis Gentil* a exécuté au *Maroc*, de 1909 à 1910, une série d'itinéraires entre l'embouchure de l'*Oued Tensift* et le *Sous*.

Trois régions ont plus particulièrement retenu l'attention de l'explorateur : les massifs du *Djebel Hadid* et du *Djebel Kourat* au Nord-Est de *Mogador*, celui du *Djebel Amsiten* et des plateaux inclinés situés à l'Est de *Dar Guellouli* chez les *Imgrad*, les *Ida* ou *Geullouf*, les *Ida* ou *Kazzou*, etc. ; enfin la terminaison de la chaîne du *Haut Atlas* sur le littoral qui s'étend entre le cap *Tafetneh* et la plaine du *Sous*. Dans ses levés de reconnaissance, M. *L. Gentil* s'est efforcé d'interpréter le relief, dont les caractères géophysiques donnent à cette partie du *Maroc* une importance topographique particulière.

Le massif du *Djebel Hadid* et du *Kourat* apparaît, émergeant d'une région de plateaux, comme un dôme elliptique éventré en son centre, suivant son grand axe, par une vallée longitudinale.

Le *Djebel Amsiten* appartient à l'anticlinal de terrain jurassique qui aboutit au cap *Tafetneh* ; il offre un relief de jeunesse avec des formes de modèle classique.

La région crétacée du *Haha*, qui se prolonge au Sud jusqu'à l'anticlinal du cap *R'ir*, se présente sous l'aspect d'une plaine côtière arrivée à un stade encore jeune de son évolution mor-

phogénique. Inclinée vers la mer, où elle se terminait lors de l'effondrement du chenal séparant la côte marocaine des *Iles Canaries,* par une falaise abrupte, l'action du ruissellement l'a très rapidement érodée depuis la côte jusque vers le vaste plateau de l'intérieur en dessinant toute une série de *côtes* qui marquent les différents niveaux de roches dures. Sur certaines marches de cet escalier gigantesque se rencontrent des buttes, témoins très remarquables, parmi lesquelles il faut citer les *Djebels Timskatin*, *Aouljdad*, *Tibour'rin* et peut-être le *Djebel Talezza.*

D'une carte géologique d'ensemble du *Maroc*, établie également par M. *L. Gentil*, se dégage une claire conception de la géographie physique du pays et des régions avoisinantes.

L'*Atlas marocain*, avec le prolongement du *Haut-Atlas* dans la *chaîne Saharienne* par le massif des *Ksour,* y apparaît, encadré au Nord par la *Meseta marocaine* d'une part et les hauts plateaux algéro-marocains de l'autre, tous deux participant aux caractères de tranquillité qu'affectent les régions tabulaires sahariennes qui limitent nettement vers le Sud l'orographie de cette partie du Nord de l'*Afrique.*

C'est entre ces *horsts* que surgit l'*Atlas* avec ses sommets élevés. Quant à la chaîne du *Rif*, elle semble détachée de l'*Atlas* par la trouée de *Taza* et en continuité avec la *chaîne bétique* par le détroit de *Gibraltar.*

Enfin la région du *détroit sud rifain* s'étale entre les deux grands systèmes orographiques du *Maroc.*

Avant de quitter ces régions, signalons l'exploration, du cours du *Sébou* depuis son embouchure jusqu'à la hauteur de *Fez*, faite en bateau en 1911 par M. *Le Dantec.* Le fleuve était très facilement navigable dans les deux cent cinquante premiers kilomètres de son cours, c'est-à-dire jusqu'à *Moulin-el-Bab*, à l'entrée de la région montagneuse. Entre *Fez* et *Moulin-el-Bab*, sur trois cents autres kilomètres, le fleuve aussi sinueux que dans son cours inférieur, coule en montagne, mais dans une région fertile, avec un caractère franchement torrentiel. Encombré de roches, de gués, de tourbillons, de barrages, il se déverse de palier en palier par une succession de rapides jusqu'à la plaine, et son cours, fût-il canalisé, paraît devoir rester pratiquement fermé à la navigation au moins dans le sens de la montée.

Aux confins des bassins du *Nil* et du *Congo*, M. *Albert Piquet* a pu, grâce à de nombreux levés exécutés de 1909 à 1911, dresser une carte exacte du cours particulièrement sinueux du

Mbomou, depuis son confluent avec le *Mbokou* jusqu'à deux jours de marche environ de sa source. Il a également rectifié le cours du *Kamo* et de la *Lili*, affluent de gauche du *Mbokou*, et découvert un affluent important de la rive droite du *Mbomou*, le *Soni*.

Le pays parcouru par M. *Piquet* a le même aspect qu'offre partout ailleurs le plateau ferrugineux et schisteux du haut *Oubangi*; mais le sol, plus pauvre en limonite, est d'une teinte moins rouge et les lits des rivières y sont profondément encaissés par suite du peu de distance qui les sépare des surfaces de ruissellement.

La savane boisée est d'une végétation moins luxuriante; cependant il y existe des parties assez étendues de forêts où l'on rencontre le chimpanzé, et assez fréquemment le lion. Sur les pentes occidentales de la ligne de partage des eaux du *Congo* et du *Nil* existe une liane *landolphia* dite baraga, de forte dimension, dont le latex donne un caoutchouc rouge très nerveux.

Le massif orographique habité par les *Pambia* est assez mouvementé; partout ailleurs le pays est caractérisé par une série de plateaux s'étageant insensiblement entre 800 et 1000 mètres d'altitude et parsemés ça et là de gigantesques blocs de gneiss qui les dominent de quarante à soixante mètres.

Feuille d'Amérique : *Chaîne Canadienne des Rocheuses* (Colombie Britannique), d'après les levés les plus récents 1907-1911. — *Relevés hydrographiques dans le bassin du Xingu et du Tapajoz* (Brésil), voyage de Mlle E. Snethlage. — *La Précordillère entre Mendoza et Jachal* (Argentine), d'après la carte de R. Stappenbeck. — *La découverte du Pôle Sud* par Roald Amundsen, 1911.

La crête de la chaîne canadienne des *Montagnes Rocheuses* constitue la limite entre l'*Abbesta* et la *Colombie Britannique*.

Les montagnes situées au Nord de la rivière *Athabasca*, et où existent de grands glaciers, sources de la branche septentrionale de la *Saskatchewan* et celles de l'*Athabasca*, constituent le nœud orographique qui envoie ses eaux sur les trois versants du *Pacifique*, de l'*océan Arctique* et de l'*Atlantique*.

En remontant l'*Athabasca*, dont la *Stoney* est un tributaire de gauche, et son affluent la *Miette River*, on arrive à la *Yellowhead Pass*, la grande brèche de la *Cordillère Rocheuse*, située à 1124 mètres d'altitude. De là on atteint le *Moose Lake*, puis remontant la rivière du même nom, affluent du *Fraser*, on gravit un important massif, d'où descend, dans la direction du

Nord, la *Smoky River*, et qui est dominé par le mont *Robson* (4175 mètres d'altitude). Plus au Nord se dresse le mont *Bess* (3144 mètres), d'où un très grand glacier descend dans la direction du Nord-Est.

Entre 50° et 52° lat. N. se profile, coupé par le méridien de 120° W. de Gr. le *Selkirk Range*, où se distinguent, du Nord au Sud, les *Giants Range*, où se trouvent des pics de 2498 mètres, les *Sir Sandford Range*, présentant un dédale de magnifiques glaciers, les massifs de *Sir Donald* (3392 mètres), de *Dawson* (3387 mètres), les *Purity Range* (3359 mètres).

A l'Est des monts *Selkirk*, se trouvent les *Purcell Range*, alignement qui diffère géologiquement des précédents.

Toute une suite de chaînes montagneuses, dans le Nord des provinces de *Mendoza* et de *San Juan*, forme la *Précordillère*. Celle-ci est séparée de la chaîne principale des *Andes* par deux dépressions importantes, *Iglesia* d'une part, et d'autre part *Uspallata-Calingasta*.

Les monts d'*Uspallata*, dont les cimes dépassent 3000 mètres, constituent la partie la plus méridionale du système. La vallée d'*Uspallata* les sépare de la *Cordillera del Tigre*. Plus au Nord s'élèvent d'autres massifs. L'arête principale qui culmine vers 4000 mètres, est séparée de la crête occidentale par la haute vallée de *Cabeceras*.

La plus grande partie de cette *Précordillère* est d'âge paléozoïque. Son climat est généralement très sec; les différences de température du jour à la nuit sont considérables. Les vents, froids ou chauds, soufflant du Sud et du Nord, sont toujours très violents. Malgré ses hautes altitudes (jusqu'à 4000 mètres), l'ensemble du système montagneux se tient au-dessous du niveau des neiges persistantes. La flore et la faune y sont pauvres, comme dans tous les pays très secs. On y cultive la vigne, le blé, la luzerne et, dans les régions les plus basses, se trouvent des arbres fruitiers. Le peuplement y est naturellement subordonné à la présence de l'eau, et ne se pratique donc que dans les vallées.

La circulation en pays de montagne (1). — Les montagnes sont des obstacles pour les communications. On en conclut aisément que la circulation en pays de montagne est moins active et le réseau routier moins serré. L'observation *semble*

(1) Par M. Charles Biermann, ANN. DE GÉOGR., 15 mai 1913, pp. 270-272.

confirmer cette déduction : aux routes carrossables, tracées dans le fond de la vallée, ne s'amorcent que de rares chemins qui escaladent les versants ; les cols les plus bas sont utilisés par l'homme pour aller d'une vallée à l'autre, tandis que les touristes, seuls, escaladent les hauts sommets.

Cette opinion, ces observations sont inexactes. Les dernières formes du nomadisme se sont réfugiées dans les montagnes de l'*Europe occidentale* par exemple. Les transhumances des moutons, les déplacements du bétail bovin (*Roumanie*, *Italie*, *Espagne*, *Provence*) sont réglés d'après le régime climatique spécial déterminé par le relief. Les hauts pâturages d'été constituent, pour le montagnard, un précieux complément des prairies basses.

Agriculteurs, alpins comme pasteurs, pratiquent le nomadisme ; c'est une conséquence du même phénomène biologique : la variation de la durée de la période végétative et de l'époque de la maturité suivant la température. Les cultures, difficiles dans un sol souvent ingrat, sont menacées sans cesse par les éboulements, les avalanches et les torrents dévastateurs ; aussi le paysan se plaît à augmenter ses chances de récolte, en disséminant ses champs à toutes les altitudes, et à toutes les orientations. A la belle saison, le montagnard alpin se déplace continuellement, poussant ses bêtes devant lui, d'étage en étage, les ramenant à l'étable, transportant le lait, le beurre ou le fromage dans ses celliers, bêchant, labourant, fauchant, rentrant fourrages et moissons. L'hiver venu, la circulation, perdant en étendue, est tout aussi intense, car le paysan va battre son blé aux granges supérieures ou en tire du pain ; parfois il y conduit le bétail pour y consommer le foin sur place, ou il en ramène chaque jour le lait au village.

Cette circulation intense a ses voies : de rares routes carrossables, mais surtout des chemins muletiers et des sentiers, pour le transport à dos de mulet ou à dos d'homme. A côté du sentier à piétons, est souvent établie, pour l'emploi des traîneaux à patins de bois, une piste spéciale, à zigzags moins prononcés. Cette voie plus rapide est utilisée à la descente, à moins que le montagnard ne trace un « droit » sans contours et à forte déclivité. Donc des granges d'été jusqu'au village il y a trois chemins, non compris ceux par lesquels on fait dévaler le bois en hiver, ceux que trace le bétail dans sa marche capricieuse, ceux qui longent les canaux et les rigoles d'irrigation.

Si les chemins sont moins nombreux et moins fréquentés en

montagne qu'en plaine, la cause n'en est pas la difficulté de la circulation, mais la moindre densité de population, établie dans les territoires montagneux. Celle-ci est due à l'étendue du territoire improductif, à la faible épaisseur de la terre arable, à la longueur des hivers, aux difficultés du travail agricole. Toutefois, là où l'industrie attire les habitants, les voies de communication forment de nouveau un réseau serré.

C'est le cas, par exemple, pour la région de *Montreux* en *Suisse*. Son climat, favorable à la culture de la vigne, des arbres fruitiers, du maïs, lui vaut une forte population, que l'industrie hôtelière ne fait qu'augmenter. Les villages viticoles et les stations de villégiature s'échelonnent sur les pentes de la montagne, assez douces au bord du lac *Léman*, de plus en plus escarpées vers la hauteur. C'est le long du lac que passent les voies de la circulation générale : route cantonale et chemin de fer du *Simplon*. Des embranchements s'en détachent pour gravir la montagne. On distingue les « droits » qui mènent le plus directement possible du haut en bas de la pente, et qu'utilisent les piétons et les bêtes de somme. Puis les anciennes voies carrossables, qui attaquent le flanc de la pente, mais sont trop rapides encore pour le gros roulage ; elles sont utilisées par les voitures descendantes. Enfin les voies carrossables récentes, qui corrigent les anciennes ; on a allongé celles-ci, et multiplié les zigzags.

Trois types de voie de montagne se juxtaposent donc, correspondant à trois moments différents de la circulation, à trois modes de transport, piétons et bêtes de somme, charrettes légères, lourds camions : les « droits », les zigzags courts, les longs circuits ; les temps anciens ; le XIXe siècle ; le XXe. Aussi la longueur des routes est-elle considérable dans la région de *Montreux* : plus de cent kilomètres de développement pour une superficie de trente-deux kilomètres carrés.

Les voies ferrées ont suivi la même évolution : le funiculaire de *Territet-Glion* appartient au type des « droits », gravissant une pente de 57 p. 100. Le câble d'acier n'étant possible que sur une courte distance, on recourut, pour la ligne de *Glion* à *Naye*, à la voie en zigzag et à la crémaillère. Enfin pour la ligne à long parcours de *Montreux* à l'*Oberland bernois*, on renonça à la crémaillère, qui ralentit trop la vitesse, et l'on préféra septupler la distance, en faisant décrire à la voie quatre grands lacets jusqu'à *Chamby*. Il y a même une ligne corrigée, celle de *Montreux* à *Glion*, quatre fois et demie plus longue que le funi-

culaire, mais qui permet le transport des marchandises. En tout, *Montreux* a quarante et un kilomètres de voies ferrées, soit 1200 mètres de ligne par kilomètre carré.

La conclusion de M. *Biermann* est typique. Il en est pour la circulation, comme pour plusieurs autres faits géographiques : l'activité déployée par l'homme en ce domaine est en raison inverse des facilités offertes par la nature; plus les chemins sont difficiles à établir, plus on en crée.

Le port de Dakar (1). — Le tonnage de ce port, importation et exportation, était, en 1903, de 104 400 tonnes; il a atteint 996 800 tonnes en 1911. Le mouvement des navires a été, en 1903 et en 1911, respectivement de 397 et de 2361 unités.

Dakar, à l'extrémité occidentale du continent africain, est le point de relâche le plus indiqué pour les navires allant vers l'*Amérique du Sud* : 1700 milles seulement le séparent de *Pernambouc*, alors que les escales des *îles Canaries* et de *Madère* sont : *Ténériffe* à 2600 et *Madère* à 2800 milles. *Saint-Vincent* du *Cap-Vert* n'est qu'à 1630 milles du continent américain, mais la rade est médiocre et mal abritée. A *Dakar* au contraire, on trouve, en eau profonde, un mouillage bien protégé de la houle, et le meilleur de toute la côte, depuis le *Cap* jusqu'à *Tanger*.

La grosse difficulté qui avait arrêté les entreprises à Dakar était son insalubrité, caractérisée par la fièvre jaune, qui régnait à l'état endémique. Grâce à un gros emprunt, on a pu créer le port et assainir définitivement la ville.

En s'inspirant des travaux maintenant classiques de *La Havane*, en décapant le sol, en le nivelant et en le drainant, on a débarrassé *Dakar* de ses moustiques et, par le fait, de la malaria et du vomito negro.

Quant au port, il y faut distinguer le point d'appui pour la flotte (coût dix-sept millions, supportés par le budget métropolitain) et le port de commerce. L'outillage est celui d'un grand port moderne : ravitaillement, rapide et abondant, en eau potable ; quais desservis par des voies ferrées et des grues puissantes; hangars, couvrant, sur les môles et les terre-pleins, une surface de 3400 mètres carrés; projecteurs électriques permettant l'accostage pendant la nuit; réseau très complet de

(1) Par M. Lucien Marc-Schrader, ANNALES DE GÉOGR., 15 juilllet 1913, pp. 367-370.

phares rendant les abords du port aisément accessibles à toute heure.

Dakar sera à la fois port local et port d'escale. C'est même à ce dernier titre que *Dakar* a vu augmenter rapidement sa clientèle. Comme ligne régulière le port reçoit tous les vapeurs des lignes françaises allant vers le golfe de *Guinée*, l'*Amérique du Sud* ou le *Cap*; les paquebots des quatre grandes compagnies de navigation italiennes, qui transportent les émigrants et les ouvriers allant faire la moisson dans l'*Argentine*. Une ligne allemande et une ligne espagnole pour l'*Amérique du Sud* ont, comme les compagnies italiennes, transféré de *Saint-Vincent* à *Dakar* leur escale régulière. Enfin toutes les lignes allemandes, anglaises et belges allant vers le *Bas Niger* et le *Congo* touchent maintenant à *Dakar*, qui reçoit toutes les semaines cinq à six paquebots venant d'*Europe*.

Le port tend à devenir le grand centre de distribution des marchandises, qu'emportent ensuite les vapeurs fluviaux remontant le *Sénégal*, la *Gambie*, le *Saloun*.

Le commerce local prendra son développement normal, vers 1912, après l'achèvement de la voie ferrée *Thiès-Kayes*. On atteindra alors le *Moyen Niger* en trois jours, et *Dakar* sera le port de tout le *Soudan Occidental*. Il est probable qu'on y centralisera définitivement les opérations commerciales, et que la ville deviendra la métropole économique de l'*Afrique occidentale française*.

Peut-être *Dakar*, située au carrefour des principales routes maritimes de l'*Atlantique*, prendra-t-elle une importance comparable à celle de *Colombo* ou de *Singapour*, tout en remplissant, dans l'empire africain de la *France*, le rôle joué par *Bombay* aux *Indes*.

Au surplus, si un *Transsaharien* vient à être construit, la ligne deviendra, en se raccordant avec *Dakar*, la voie la plus rapide entre l'*Europe* et l'*Amérique du Sud*.

Conventions internationales relatives à des territoires situés en Afrique. — Le 25 juin 1904, un arrangement anglo-allemand a fixé définitivement la frontière entre le *Togo* et la colonie de la *Côte d'Or*.

En janvier 1905 est intervenue une convention par laquelle l'*Angleterre* a cédé à l'*Italie* une petite bande de terrain située immédiatement au Nord de *Kismayou*, et lui a loué une autre bande de terrain reliant ce port avec la route commerciale inté-

rieure qui va à *Lough*. De plus, l'*Italie* acquiert des droits souverains sur la côte du *Bénadir*, qu'elle n'occupait précédemment qu'en vertu d'un bail de quatre-vingt dix-neuf ans conclu avec le sultan de *Zanzibar*.

Une décision arbitrale du Roi d'*Italie*, en date de juin 1905, indique comme limites entre l'*Angola* et la *Rhodésie* : le rebord oriental du *Kuando* aux hautes eaux, depuis son point d'intersection avec la ligne droite qui relie les rapides de *Katima*, sur le *Zambèze*, au village *Andara* sur l'*Okavango*, jusqu'à son point d'intersection avec le 22e méridien E. de Gr.; ce méridien jusqu'à son intersection avec le 13e parallèle ; ce parallèle jusqu'à son intersection avec le 26e méridien; puis ce méridien jusqu'à la frontière du *Congo belge*.

Deux accords franco-anglais signés l'un le 19 juillet, l'autre le 19 octobre 1906, fixent définitivement les frontières entre la *Côte d'Or* et le *Soudan français* d'une part, et entre le *Dahomey* et la *Nigéria* d'autre part.

Une commission mixte réunie à Londres a conclu, le 29 mai 1906, un protocole fixant d'une façon définitive la frontière anglo-française entre le *Niger* et le lac *Tchad*.

Le 16 juillet 1906, une convention signée entre l'*Angleterre* et l'*Allemagne*, détermine la ligne frontière entre *Yola* et le *Tchad*.

Un accord du 1er octobre 1906 fixe la frontière entre la *Turquie* et l'*Égypte*. *Tabah* (presqu'île du Sinaï) reste à l'*Égypte*.

Le 28 novembre 1907 (acte additionnel du 5 mars 1908) est intervenu à Bruxelles le traité de cession entre le Roi-Souverain de l'*État Indépendant du Congo* et la *Belgique*.

Le 23 décembre 1908, un arrangement franco-belge a confirmé le droit de préemption reconnu à la France en 1884, 1885 et 1895 par l'*État du Congo* en cas de cession totale ou partielle du territoire de cet État.

Le même jour deux déclarations ont été signées en vue de fixer la frontière franco-belge dans le *Bassin du Congo*, d'une part entre *Manyanga* et l'*Atlantique*, d'autre part dans le *Stanley-Pool*. Cette frontière suit la ligne de partage des eaux entre le *Kouilou Niari* et le *Congo* jusqu'au delà du méridien de *Manyanga*. L'île de *Mbamou*, dans le *Stanley-Pool*, est reconnue possession française, mais est placée sous le régime de la neutralité.

Les frontières Sud de l'*Éthiopie* viennent d'être fixées par le traité anglo-éthiopien du 6 décembre 1907, et par le traité italo-éthiopien du 16 mai 1908.

La frontière avec l'*Angleterre* part de *Dolo*, au confluent du *Ganalé Doria* et de la *Daoua*, pour rejoindre à l'intersection du 35° long. E. de Gr. et du 6° lat. N. la frontière orientale du *Soudan anglo-égyptien* telle qu'elle a été déterminée par le traité du 15 mai 1902.

La frontière italienne part aussi de *Dolo*, et se dirige vers le *Ouebi Chébehli*, où elle rejoint et suit, jusqu'à la frontière du *Somaliland* anglais, la ligne indiquée dans l'arrangement italo-éthiopien de septembre 1897. La nouvelle frontière donne à l'*Italie* la station de *Lough* en échange d'une compensation pécuniaire.

La même convention fixe définitivement la frontière italienne de l'*Érythrée* à 60 kilomètres de la côte.

Une convention, passée le 19 mai 1910 entre la *Turquie* et la *France*, fixe la limite entre la *Tripolitaine* et la *Tunisie*. La ligne frontière part du *Ras Adjir* (*Mer Méditerranée*), à une centaine de kilomètres, à l'Est de *Djerba*, passe entre *Dehibat*, qui reste à la *Tunisie*, et *Ouezzen*, qui est conservée à la *Tripolitaine*; elle laisse à la *Tunisie* la route militaire qui relie *Dehibat* à *Djeneien*, et court sur *Mehiguig*. La ligne frontière contourne l'oasis de *Ghadamès*, qui reste à la *Turquie*, et s'arrête à 12 kilomètres au delà de cette ville, importante position pour la police du désert, et lieu d'étape sur les routes venant du *Ouadaï* et du *Darfour*.

On sait qu'un accord, conclu le 9 mai 1906 entre l'*Angleterre* et l'*État indépendant du Congo*, avait mis fin au différend qui existait entre ces deux Puissances sur le *Haut Nil*. Le bail concédé par la *Grande Bretagne* à l'*État du Congo* par la convention du 12 mai 1894 avait été annulé, mais le roi *Léopold II* pouvait continuer à occuper pendant toute la durée de son règne le territoire dit « *Enclave de Lado* ».

Le 10 juin 1910, l' « *Enclave* » a fait retour au *Soudan anglo-égyptien*.

D'après les termes de l'arrangement signé le 14 mai 1910, par les délégués de l'*Allemagne*, de l'*Angleterre* et de la *Belgique*, termes qu'une Convention germano-belge en date du 11 août 1910 a précisés, la frontière entre le *Congo belge* et l'*Afrique orientale allemande* est constituée, à partir de la ligne médiane du *Tanganyika*, par la branche occidentale du delta de la *Roussisi*, puis par le thalweg de cette rivière jusqu'à la sortie du lac *Kivu*. La frontière coupe ensuite ce lac de façon à laisser notamment au *Congo belge* les îles *Ivindjé* et *Kouidjoui*

et à aboutir entre le poste belge de *Goma* et le poste allemand de *Kissenyi*. Puis elle se dirige vers le pic *Hèhou*, d'où, en une série de lignes droites, elle gagne le pic *Karissimbi*, le pic de *Visoké*, puis la crête qui sépare ce pic du mont *Sabinio*.

Le pic *Sabinio* marque le contact des territoires des trois puissances européennes en cette région. Vers le Nord se profile la frontière anglo-belge, vers l'Est la frontière anglo-allemande.

Un accord signé, en 1910, entre la *Belgique* et le *Portugal*, adopte comme frontière dans les parages du lac *Dilolo*, la *Lotembouè* depuis son confluent dans le *Kassaï* jusqu'à sa source, puis vers l'Est la ligne de faîte *Congo-Zambèze*.

Par un accord signé à *Paris* le 4 novembre 1911, l'*Allemagne*, moyennant certaines clauses, notamment le principe de la liberté commerciale, reconnaît le protectorat de la *France* au *Maroc*.

En échange de sa liberté d'action dans l'empire du *Maghzen*, la *France*, par un second accord en date du 4 novembre 1911, cède à l'*Allemagne*, sur la frontière méridionale et orientale du *Cameroun*, une série de territoires dont la limite est fixée comme suit : la frontière partira du côté de l'*Atlantique* d'un point à fixer sur la rive orientale de la baie de *Monda*, vers l'embouchure de la *Massolié*; se dirigeant vers le Nord-Est, la frontière obliquera vers l'angle Sud-Est de la *Guinée espagnole*; elle coupera la rivière *Ivondo* à son confluent avec la *Djua*, suivra cette rivière jusqu'à *Madjingo* (qui restera français), et de ce point se dirigera vers l'Est, pour aboutir au confluent de la *N'Goko* et de la *Sangha* au Nord d'*Ouesso*; la frontière partira ensuite de la rivière *Sangha* à un point situé au Sud du centre d'*Ouesso* (qui reste français), à une distance de six kilomètres au moins et de douze kilomètres au plus de cette localité suivant la disposition géographique des lieux. Elle obliquera vers le Sud-Ouest pour rejoindre la vallée de la *Kandeko* jusqu'à son confluent avec la *Bokiba*. Elle descendra celle-ci et la *Likuala* jusqu'à la rive droite du fleuve *Congo*. Elle suivra ce fleuve jusqu'à l'embouchure de la *Sangha*, et de façon à occuper sur la rive du *Congo* une étendue de six à douze kilomètres qui sera fixée suivant les conditions géographiques. Elle remontera la *Sangha* jusqu'à la *Likuala-aux-Herbes* qu'elle suivra ensuite jusqu'à *Botungo*. Elle continuera de là du Sud au Nord selon une direction à peu près droite jusqu'à *Bera-N'Goko*. Elle s'infléchira ensuite dans la direction du confluent de la *Bodingué* et de la *Lobay* et descendra le cours de la *Lobay* jusqu'à l'*Ubanghi* au Nord de *Mongoumba*. Sur la rive droite de l'*Ubanghi* et

suivant la disposition géographique des lieux, le territoire allemand sera déterminé de façon à s'étendre sur un espace de six kilomètres au moins et de douze kilomètres au plus ; la frontière remontera ensuite obliquement vers le Nord-Ouest, de façon à gagner la rivière *Pama* en un point à déterminer à l'Ouest de son confluent avec le *Mbi*, remontera la vallée de la *Pama*, puis rejoindra le *Logone* oriental à peu près à l'endroit où cette rivière rencontre le 8e parallèle à la hauteur de *Goré*. Elle suivra ensuite le cours du *Logone* vers le Nord, jusqu'à son confluent avec le *Chari*.

L'*Allemagne* de son côté cède à la *France* la partie de ses possessions comprises entre le *Chari* et le *Logone*.

Comme on le voit, c'est tout le bassin de la *Sangha* et deux points d'accès direct, deux antennes, sur le *Congo* et l'*Ubanghi*, reconnus à l'*Allemagne*. L'accroissement respectif de territoire pour la *France* et l'*Allemagne* est de 15 000 kilomètres carrés et de 250 000 kilomètrès carrés environ.

Les ratifications ont été échangées le 12 mars 1912. Ce traité modifie radicalement la convention franco-allemande du 18 avril 1908.

Le 18 septembre 1912, a été signée à Paris une déclaration relative à la cession des territoires visés par l'accord franco-allemand du 4 novembre 1911. Le titre II apporte des précisions sur les stipulations de l'accord du 4 novembre 1911 relatives au tracé de la frontière.

Le 8 avril 1904, la *France* a passé avec l'*Espagne* une convention secrète relative au *Maroc*, dont les termes viennent d'être divulgués.

La *France* reconnaissait comme zone d'influence espagnole toute la région du *Rif*, depuis l'embouchure de la *Moulouya*, avec une limite qui courait vers l'Ouest en suivant les hauteurs dominant l'oued *Kert* et l'oued *Ouergha*, pour gagner l'oued *Lekkos* et aboutir à l'*Océan* au-dessus de la lagune de *Ez Zerga*.

Dans le Sud du *Maroc*, la *France* reconnaissait encore à l'*Espagne Ifni*, sur la côte de l'*Atlantique*, avec un hinterland que limitait vers l'Est le cours de l'oued *Mesa*, celui de l'oued *Tazeronalt*, la ligne de faîte entre l'oued *Draa* et l'oued *Sous*, le méridien 10° O. de P., le cours de l'oued *Draa* jusqu'au 11e méridien, ce méridien jusqu'au 26e parallèle N., et enfin ce parallèle jusqu'au méridien 14°20', où la possession du *Rio de Oro* se raccordait avec la nouvelle zone d'influence espagnole. Ce traité a été modifié en 1912 (cfr. infra).

Le traité de *Lausanne,* conclu le 15 octobre 1912 entre la *Turquie* et l'*Italie*, a reconnu à cette dernière la souveraineté pleine et entière sur la *Tripolitaine* et la *Cyrénaïque*.

Le 30 mars 1912 est intervenu à *Fez,* le traité de protectorat de la *France* au *Maroc*. La *France* a le droit, d'accord avec le *Maghzen,* d'occuper les points du *Maroc* dont l'occupation lui semblera nécessaire pour l'établissement et le maintien de l'ordre ; elle sera l'intermédiaire obligé des relations du Gouvernement chérifien avec les puissances étrangères ; elle aura le droit de contrôle sur les finances marocaines ; elle pourra se faire représenter à *Fez* par un fonctionnaire dont la situation rappellera celle du résident général de *France* à *Tunis*, et qui remplira le rôle de premier ministre du Sultan. Aux divers ministères chérifiens seront attachés des contrôleurs français. La *France* pourra organiser des tribunaux analogues à ceux qui existent en *Tunisie,* et qui entraîneront la suppression des tribunaux consulaires. Pourtant le Sultan reste le maître, avec l'assistance du Gouvernement français, de la direction et du contrôle des grands services publics et des travaux publics d'intérêt général (chemins de fer, routes, ports, télégraphes). Enfin le principe de la liberté économique intérieure est reconnu : les exploitations minières pourront être librement concédées sans acception de nationalité ; aucune taxe d'exportation ne pourra être établie sur le minerai de fer ; le réseau de chemins de fer d'intérêt général sera sous le contrôle exclusif du Gouvernement chérifien.

Le traité franco-espagnol du 27 novembre 1912, précise les limites des zones respectives d'influence au *Maroc* de la *France* et de l'*Espagne,* qui a déjà signé avec le *Maghzen,* le 17 novembre 1910, un accord relatif à divers points situés le long de la côte méditerranéenne.

Au nord du *Maroc,* cette limite part de l'embouchure de la *Moulouya* et remonte le thalweg de ce fleuve jusqu'à un kilomètre en aval de *Mechra-Klila*. De ce point la ligne de démarcation suit jusqu'au djebel *Beni-Hassen* le tracé fixé par l'art. 2 de la convention du 3 octobre 1904.

Du djebel *Beni-Hassen,* la frontière rejoint l'oued *Ouergha* au nord de la djema des *Cheurfa-Tafraout,* en amont du coude formé par la rivière. De là, se dirigeant vers l'ouest, elle suit la ligne des hauteurs dominant la rive droite de l'oued *Ouergha*, jusqu'à son intersection avec la ligne Nord-Est définie par l'art. 2 de la convention de 1904. Elle remonte ensuite vers le nord en

se tenant à une distance d'au moins 25 kilomètres à l'Est de la route de *Fez* à *El-Ksar-El-Kébir* par *Ouezzan*, jusqu'à la rencontre de l'oued *Loukkos*, dont elle descend le thalweg jusqu'à la limite entre les tribus *Sarsar* et *Hig*. De ce point, elle contourne le djebel *Ghani*, laissant cette montagne dans la zone espagnole. Enfin la frontière rejoindra le parallèle 35° lat. N., entre le douar *Mgarya* et la *Marya di Sidi Slama*, et suit ce parallèle jusqu'à la mer.

Au sud du *Maroc*, la frontière des zones française et espagnole est définie par le thalweg de l'oued *Draa* qu'elle remonte depuis la mer jusqu'à sa rencontre avec le méridien 11° Ouest de P. ; elle suivra ce méridien vers le Sud jusqu'à sa rencontre avec le parallèle 27°40′ lat. N. Au sud de ce parallèle, les art. 5 et 6 de la convention du 3 octobre 1904 restent applicables. Les régions marocaines situées au Nord et à l'Est de la délimitation visée dans le présent paragraphe appartiennent à la zone française.

L'établissement de *Sante Cruz de Mac Pequena (Ifni)* a les limites suivantes : au Nord l'oued *Bou-Sedra* depuis son embouchure ; au Sud l'oued *Noun* depuis son embouchure ; à l'Est une ligne distante approximativement de 25 kilomètres de la côte.

L'*Espagne* s'engage à n'aliéner ni céder sous aucune forme, même à titre temporaire, ses droits dans tout ou partie du territoire composant sa zone d'influence.

La ville de *Tanger* et sa banlieue sont dotées d'un régime spécial à déterminer ; elles forment une zone comprise dans les limites suivantes : partant de *Punta-Altares* sur la côte sud du détroit de *Gibraltar*, la frontière se dirige en ligne droite sur la crête du djebel *Beni-Meymel*, laissant à l'Ouest le village de *Dxar-ez-zeitun* et suit ensuite la ligne des limites entre le *Fahs* d'un côté et les tribus de l'*Anjera* et de *Oued-Ras* de l'autre côté jusqu'à la rencontre de l'oued *Es-Seghir* ; de là, la frontière suit le thalweg de l'oued *Es-Seghir*, puis ceux des oueds *M'harhar* et *Tzahadartz* jusqu'à la mer.

L'*Angleterre* et l'*Allemagne* ne parvenant pas à s'entendre au sujet des limites du territoire de la *Walfish Bay* (1300 kilomètres carrés), dont l'*Angleterre* s'était emparée dès le 12 mars 1878, les deux gouvernements ont soumis le litige, en 1909, à l'arbitrage du Roi d'*Espagne* ; il confia l'examen de l'affaire au sénateur *Prida*, professeur de droit international. Celui-ci a rendu son jugement le 23 mai 1911. Il admet les revendications de l'*Angleterre* ; elle prétendait que le territoire britannique devait embrasser la vallée inférieure du *Kuisib*, jusqu'au point

d'eau appelé *Ururas*, tandis que, selon la thèse allemande, cette frontière aurait dû s'arrêter à *Rooi Bank*. Le litige portait sur une bande de terrain de 85 kilomètres carrés.

Le 12 septembre 1912, un protocole (complété par une déclaration du 28 septembre 1912) a été signé à *Paris* pour la délimitation et l'abornement définitif entre les possessions françaises du *Dahomey* et du *Haut Sénégal* et *Niger* et la colonie allemande du *Togo*.

La frontière part de l'intersection de la côte avec le méridien de la pointe Ouest de l'île *Bayol*, se confond avec ce méridien jusqu'à la rive Sud de la lagune, qu'elle suit jusqu'à une distance de 100 mètres au delà de la pointe Est de l'île *Bayol*, remonte ensuite directement au Nord, jusqu'à mi-distance de la rive Sud et de la rive Nord de la lagune, puis suit les sinuosités de la lagune, à égale distance des deux rives, jusqu'au thalweg du *Mono* qu'elle suit jusqu'au point n° 1 défini dans la liste des 130 points fixant la frontière au Nord du 7e degré de lat. N.

De ce point n° 1 la frontière gagne l'un après l'autre les points 2 à 130. La frontière est déterminée par la jonction en ligne droite des points voisins, sauf dans le cas où il est expressément spécifié qu'un cours d'eau servira de limite.

Le 30 octobre 1912, a été signé à *Paris* un accord réglant la situation respective de la *France* au *Maroc* et de l'*Italie* en *Libye*, déjà déterminée par l'accord secret de 1902. Les deux gouvernements confirment leur mutuelle intention de n'apporter réciproquement aucun obstacle à la réalisation de toutes les mesures qu'ils jugeront opportun d'édicter, la *France* au *Maroc*, et l'*Italie* en *Libye*.

C'est le commencement de la levée des hypothèques européennes sur le *Maroc français*.

Signalons enfin :

La convention de délimitation anglo-libérienne signée à *Monrovia* le 21 janvier 1911, et ratifiée le 11 mai suivant;

Un échange de notes fait le 6 juillet 1911 entre la *France* et l'*Angleterre* au sujet de la frontière entre *Sierra-Leone* et la *Guinée française* ;

L'accord du 13 janvier 1911 réglant l'abornement de la frontière franco-libérienne.

F. Van Ortroy.

GÉOLOGIE

—

L'exhalaison volcanique. — Le rôle de l'eau dans les éruptions volcaniques a suscité dans le monde des vulcanologistes plus d'une controverse ardente. La dernière en date a été provoquée par une série de travaux dus à M. Albert Brun, de Genève, tendant à faire considérer l'exhalaison volcanique comme exempte d'eau et de chlore libre.

MM. Arthur L. Day et E. S. Sheperd ont procédé pendant l'été de 1912, à une série d'expériences sur les gaz émanant de la célèbre chaudière du Kilauea, en Hawaï, à l'endroit même où, avant eux, M. Albert Brun s'était installé. Descendus au fond du cratère, les deux savants américains ont fait leurs prises d'échantillons dans la lave liquide elle-même, avant qu'elle fût entrée en contact avec l'air. Un tube métallique put être introduit par eux, à la faveur d'une fissure, dans une sorte de dôme minuscule, sous lequel bouillonnait une lave liquide émettant une abondante exhalaison gazeuse dont la température fut trouvée supérieure à un millier de degrés (1).

Les gaz qui la composent, aspirés dans des tubes de verre, y abandonnèrent une quantité d'eau considérable. Au cours de leurs expériences, MM. Day et Sheperd en ont recueilli au total environ 300 c^{m3}. Au cratère du Kilauea l'exhalaison volcanique n'est donc pas anhydre, comme l'avait cru M. Brun.

L'étude de la nuée volcanique visible a montré aux auteurs américains que celle-ci est essentiellement constituée par du soufre libre, et non par des chlorures. Elle renferme en outre en abondance SO_2 et SO_3, dont l'avidité pour l'eau est bien connue. On conçoit donc qu'un hygromètre à point de rosée, utilisé par M. Brun au milieu du nuage volcanique, y ait indiqué moins d'humidité que dans l'air limpide. Quant aux gaz permanents recueillis dans la lave, une analyse effectuée à Honolulu y a fait reconnaître la présence de 51.6 °/₀ d'anhydride sulfureux, 39.8 °/₀ d'anhydride carbonique, 5.5 °/₀ d'oxyde de carbone, ainsi que

(1) Arth. Day et E. S. Sheperd : *L'eau et les gaz magmatiques.* C. R., t. 157, n° 20, p. 958, février 1913.

Conclusions à tirer de l'analyse des gaz du cratère du Kilauea. Ibid., n° 21, p. 1027.

d'une quantité non dosée d'hydrogène libre et d'azote exempt d'argon. L'absence de ce dernier élément, toujours mélangé à l'azote de l'air en quantité mesurable, semble bien de nature à faire exclure toute intervention des gaz atmosphériques, ainsi que de l'eau météorique dans la constitution de l'exhalaison magmatique.

M. A. Lacroix, qui a présenté le travail de MM. Day et Sheperd à l'Académie des Sciences de Paris, et M. Armand Gautier, ont fait ressortir l'importance de ces résultats, qui confirment les constatations faites en 1865 à l'Etna par Fouqué. M. Gautier a fait observer que les précautions prises au cours des expériences faites à Hawaï permettaient d'éliminer l'hypothèse de l'intervention de l'air extérieur. Pour lui il est établi que l'eau sort bien des volcans, « même du volcan de Kilauea, dans un pays où il ne pleut presque jamais, et dans des conditions où la lave, en perpétuelle ébullition, empêche toute pénétration à l'intérieur de l'eau météorique » (1). L'eau émise par les laves volcaniques est donc de l'eau *juvénile*.

La naissance d'une île. — A la fin de l'année 1912, une île nouvelle a fait son apparition à proximité de la côte méridionale de la Trinité, dans des conditions qui rendent l'étude de sa formation particulièrement intéressante. Par un hasard heureux et peu commun, un géologue, M. A. C. Veatch s'est trouvé témoin du phénomène, qui s'est d'ailleurs déroulé dans une région dont les travaux des explorateurs anglais nous ont fait connaître assez exactement la structure (2).

L'île de la Trinité est constituée principalement, au moins en surface, par des formations tertiaires (ou par endroits crétacées) dont les couches sont affectées d'une série de plis parallèles, allongés suivant une direction générale Est-Ouest. L'un d'entre eux, un anticlinal, traverse l'île entière, de l'Est à l'Ouest, le long de la côte méridionale. Son axe subit une légère inflexion vers le Sud, précisément à la longitude où s'amorce une échancrure de la côte, la baie d'Erin. L'anticlinal devient donc à ce moment sous-marin ; son axe, tracé sur la carte, forme la corde de l'arc représenté par la baie et passe précisément par le point où la nouvelle île a surgi.

(1) A. Gautier. *Remarques au sujet de la note de MM. Arthur L. Day et E. S. Sheperd.* Loc. cit., p. 1030.

(2) T. O. Bosworth. *Birth of an Island near the Coast of Trinidad.* Geol. Mag., déc. V, vol. IX, n° IV, 1913.

Le tertiaire de la Trinité est pétrolifère : on y observe des dégagements de gaz naturel, d'huile minérale, et de vastes surfaces sont parsemées de bitume. Le long de l'anticlinal méridional sont alignés plus de quarante volcans de boue, dont l'un a fourni une coulée de plus de deux cents mètres de longueur, capable de briser sur son passage des troncs d'arbre d'un mètre de circonférence à la base. C'est à la formation de l'un de ces volcans que la nouvelle île doit son existence. Son apparition, d'après M. A. C. Veatch, témoin oculaire, s'est accompagnée de phénomènes remarquables. Un champignon de flammes a paru s'élever au-dessus de la mer, bientôt remplacé par un trait de feu de trois cents mètres de hauteur, puis, au bout de cinq minutes, par un nuage de fumée bientôt dissipé. L'île était née.

Il est assez probable que l'éruption à laquelle M. Veatch assista de loin n'était pas la première qui eût lieu en ce point. Les sondages de l'Amirauté ont montré que la profondeur de la mer aux alentours immédiats avait diminué de deux brasses.

Le fait de l'apparition d'une île à la suite de l'éruption d'un volcan de boue n'est pas sans précédent. En décembre 1847, une île de 250 mètres de long sur 140 mètres de large apparut à peu de distance de la côte de Bornéo, dans des circonstances tout à fait analogues. Ici encore la position de l'île se trouve exactement dans le prolongement d'un axe anticlinal.

La rigidité de la terre. — Un article récent du Colonel Burrard sur le mécanisme de la surrection de l'Himalaya a provoqué dans le Geological Magazine un intéressant échange de vues, au cours duquel M. O. Fisher (1) a fait état d'une intéressante remarque faite à la Conférence géodésique internationale de 1909 à propos d'un travail du Professeur Hecker sur les marées terrestres. Il résulte des observations faites à Potsdam par ce dernier, que la résistance du géoïde à la déformation est beaucoup plus grande dans la direction Est-Ouest que dans la direction méridienne (2). Sir G. Darwin a rappelé à ce propos l'idée, émise par Lord Kelvin, que cette différence de rigidité pouvait s'expliquer, dans une certaine mesure, par un effet gyroscopique de la rotation de la terre.

(1) Rev. O. Fisher. *On the Rigidity of the Earth.*, Geol. Mag. Dec. V. Vol. X, n° VI. pp. 250-252, 1913.

(2) Cfr. L. Favé. *Les problèmes des marées.* Rev. gén. des Sciences pures et appliquées, 24e année, n° 3, p. 91-93.

Il est intéressant de se rappeler la curieuse expérience réalisée par M. Perry, qui a montré qu'un disque de papier flexible soumis à une rotation extrêmement rapide autour d'un axe normal à son plan, prend une rigidité considérable, supporte un coup de poing sans se déformer et résonne sous le choc d'un corps dur comme un disque métallique.

M. G. Darwin ne pense pas qu'il suffise d'invoquer un effet de ce genre pour s'autoriser à considérer comme résolu le problème que posent les mesures de M. Hecker. Mais il considère l'explication comme admissible. Il n'est pas douteux que celle-ci mérite un examen sérieux, et devra être prise en considération par tous ceux qui tenteront d'édifier une théorie satisfaisante de la formation des grandes rides de l'écorce terrestre.

La périodicité des mégaséismes. — Les beaux travaux du comte de Montessus de Ballore ont jeté une vive lumière sur l'indépendance, aujourd'hui reconnue, dont font preuve les uns vis-à-vis des autres, les phénomènes sismiques et les phénomènes volcaniques. Ces travaux ont permis de préciser la nature des relations existant entre les principaux traits de la structure géologique des régions à sismicité prononcée, et la production des mégaséismes. C'est aussi notre savant confrère à la Société Scientifique qui a fait nettement ressortir l'inanité de la théorie faisant dépendre la production des mégaséismes, du passage des taches du soleil.

Poursuivant une œuvre d'épuration méthodique, M. de Montessus vient de faire connaître les principaux résultats d'une étude qu'il a entreprise sur la prétendue relation qui existerait entre la fréquence des mégaséismes et les phases de la lune. Une discussion serrée de ces résultats lui a permis de conclure ici encore, à l'indépendance des deux classes de phénomènes (1). Dans l'esprit des sismologues qui ont défendu l'opinion contraire, l'influence sismogénique des lunaisons devait être considérée comme s'expliquant par une plus forte attraction de la lune et du soleil sur l'écorce terrestre et le noyau du globe ; la fréquence des mégaséismes, dans ces conditions présenterait un maximum au moment où les attractions s'ajoutent et non lorsqu'elles se retranchent. C'est précisément le contraire de ce qu'indiquent les tableaux de M. de Montessus, qui font voir que les différences observées, d'ailleurs peu pro-

(1) C. R., t. 156, p. 100.

noncées, sont plutôt au profit des périodes de pleine lune que de nouvelle lune.

Dans une note présentée le 3 février 1913 à l'Académie des Sciences de Paris, M. de Montessus soumet à une critique du même genre l'opinion assez répandue attribuant un maximum de fréquence sismique aux mois d'hiver. La conclusion est que « les maximums hivernaux et les minimums estivaux ne sont qu'une apparence fortuite due au simple hasard, autrement dit, que les mégaséismes sont indépendants des mois et des saisons (1) ».

La fossilisation des coquilles actuelles. — En étudiant des produits de dragage de divers ports de mer, notamment de celui du Tréport, M. Stanislas Meunier y a recueilli des débris de coquilles de lamellibranches et de gastropodes, soumises à une décomposition assez avancée pour tomber spontanément en poussière une fois desséchées. Des blocs de vase argileuse ou argilo-calcareuse, devenus cohérents par dessiccation, ont montré à M. Meunier, des moules externes en creux, analogues à ceux qui se rencontrent dans beaucoup de roches sédimentaires, et y sont généralement considérés comme résultant de la disparition d'un test par dissolution (2).

Ce que nous savons des phénomènes de diagenèse subis par les sédiments anciens de même nature, permet de considérer ces vides comme destinés à se remplir de minéraux divers, surtout de calcite cristalline, formant un test de substitution. L'observation de M. Meunier, envisagée à ce seul point de vue, peut devenir le point de départ d'études intéressantes sur le processus de fossilisation des coquilles dont la structure n'est pas conservée. Invoquant la présence dans les coquilles récentes, d'une proportion notable de matières organiques, M. Meunier attribue à l'action de micro-organismes l'état de décomposition qu'il a étudié. Ceux-ci se seraient multipliés dans des conditions de milieu favorables, qui d'ailleurs ne se réalisent pas partout, puisqu'on connaît de nombreuses coquilles à structure conservée.

La preuve qu'il s'agit bien d'une manifestation encore inconnue de l'activité microbienne n'est, à la vérité, pas fournie : on peut entrevoir d'autres explications et M. Meunier lui-même reconnaît qu'il sera bon de procéder à une étude plus précise

(1) C. R., t. 156, p. 115.
(2) C. R., t. 157, p. 408, août 1913.

de l'action et de la nature des microorganismes. Si ses vues sur la nature du phénomène viennent à être confirmées, on lui devra un pas important vers la connaissance complète des phénomènes diagenétiques à la suite desquels des sédiments fossilifères plus anciens, originairement semblables aux dépôts actuels du Tréport, ont pris l'état sous lequel nous les retrouvons aujourd'hui, et qui diffère assez profondément de leur premier état pour que plus d'un point de leur histoire soit resté jusqu'ici environné d'une obscurité embarrassante.

Le rôle des algues fossiles dans la constitution des roches calcaires. — On voit, dans la nature actuelle, en certains points privilégiés, de véritables bancs de calcaire se former par le développement d'algues calcaires. J. Walther en a étudié un excellent exemple dans la baie de Naples, où croissent en abondance, jusqu'à une profondeur atteignant 70 mètres, les *Lithothamnion* et les *Lithophyllum*.

Des observations de plus en plus multipliées sont en train de faire reconnaître que les thallophytes s'incrustant de carbonate calcique ont prospéré depuis les époques les plus reculées et n'ont cessé de prendre une part importante à la constitution des roches calcaires. On en a reconnu avec certitude dans le cambrien de Sardaigne, dans l'ordovicien du nord de l'Amérique et de l'Angleterre, dans le silurien de Gothland, Oesel et Schonen, dans les minerais de fer dévoniens de la France, dans le dévonien supérieur de la Silésie, le calcaire carbonifère de l'Angleterre, de la Belgique, ainsi que dans des calcaires à fusulines de Dalmatie, de Croatie, et du Japon. Le permien n'en est pas dépourvu, pas plus que le trias. Elles abondent à certains horizons jurassiques et crétacés, et l'on en connaît de remarquables accumulations dans certaines formations tertiaires, comme par exemple les calcaires de la Leitha, dans le bassin de Vienne.

Notre savant collègue le professeur Garwood, de l'Université de Londres, vient de publier à leur sujet une étude synthétique (1) qu'il conclut en faisant remarquer que l'importance reconnue jusqu'ici aux algues comme agents de lithogenèse n'est pas ce qu'elle devrait être. L'étude du calcaire carbonifère anglais lui a fait découvrir certains bancs qui sont constitués

(1) On the important Part played by Calcareous Algae at certain Geological Horizons with special reference to the Paleozoic Rocks. GEOL. MAGAZINE N. S. décade V, vol. X, p. 440-6, 490-8, 545-53, 1913.

en majeure partie de débris de thallophytes, affectant fréquemment la forme de nodules et pouvant donner lieu à une fausse apparence de conglomérat.

Nous avons nous-même reconnu des faits du même genre dans les premières couches calcaires apparaissant au-dessus des psammites du Condroz sur le bord nord du bassin de Namur. M. Hermann E. Meyer vient de publier des observations analogues concernant des calcaires recueillis dans le Rhön et appartenant à la formation connue sous le nom de *Wellenkalk* (1).

Le professeur Garwood croit que des algues calcaires voisines des *Solenopora* ou *Mitcheldeania* sont représentées à de nombreux niveaux du calcaire carbonifère de Belgique. Nos observations personnelles nous ont fait rencontrer des échantillons reconnaissables, à deux niveaux qui se trouvent être le plus bas et le plus élevé de notre Dinantien : l'assise de Comblain-au-Pont à Feluy, et l'assise d'Anhée à Anhée.

Dans les calcaires de l'assise d'Anhée, la structure des nodules rencontrés à plusieurs horizons est oblitérée complètement. Mais nous avons eu la bonne fortune de découvrir une algue reconnaissable dans un chert recueilli au sommet du Viséen d'Anhée, par notre savant confrère M. Renier, qui, frappé de l'apparence spéciale que cet échantillon présentait, avait eu l'amabilité de nous le remettre, nous engageant à le faire débiter en lames minces.

D'après M. Garwood, les formes, encore assez obscures, pour lesquelles M. Gürich a créé l'ordre nouveau des *Spongiostromacés* et la famille des *Spongiostromides* (2), devraient plutôt être rattachées aux algues calcaires, en raison des affinités qui les rapprochent de certains spécimens anglais rangés dans les algues. D'après le savant professeur de Londres, qui a examiné à Bruxelles les préparations qui ont servi à M. Gürich, il n'y aurait pas de preuve décisive de leur origine animale.

Abstraction faite de l'importance de la part qu'elles ont prise à la formation des calcaires anciens, les algues calcaires se sont imposées à l'attention en fournissant dans certains cas, de bons repères stratigraphiques, dont une étude plus détaillée pourra multiplier le nombre. En outre, la connaissance assez complète que nous avons des conditions auxquelles l'existence et le déve-

(1) Herman E. Meyer, *Kalkalgen in Wellenkalk der Rhön*, CENTRALBLATT FUR MIN. GEOL. PAL. 1913, n° 13, p. 402.

(2) *Annales du Musée Royal d'Hist. naturelle de Belgique*, t. III, 1906.

loppement de leurs représentants actuels sont subordonnés, donne une valeur appréciable à leur présence dans des calcaires anciens, dès que l'on se préoccupe de la recherche des circonstances au milieu desquelles ceux-ci ont pris naissance.

Les roches dévoniennes erratiques du Nord de l'Allemagne. — Les formations fluvioglaciaires du Nord de l'Allemagne sont parsemées d'une grande quantité de blocs morainiques et de cailloux glaciaires, dont un bon nombre ont été étudiés depuis longtemps, et sont considérés comme originaires de la Scandinavie, de la Finlande, d'une partie des provinces baltiques russes et du fond de la mer Baltique, qui est de formation récente.

Les roches que l'on y peut recueillir sont les unes d'origine éruptive, les autres d'origine sédimentaire, dans lesquelles on a reconnu des représentants de tous les systèmes échelonnés entre le précambrien et le tertiaire, exception faite pour le carboniférien. Les plus abondantes et les plus largement répandues sont attribuées au Silurien et au Crétacé.

Le Précambrien est moins bien représenté, et, le Cambrien est très rare. Le Trias ne fournit d'échantillons qu'à l'Ouest de l'Oder, et l'on ne connaît du Permien que trois exemplaires fossilifères ; le Jurassique et le Tertiaire, plus répandus, ne sont cependant pas d'une extrême fréquence.

Le Dévonien vient d'être soumis à une étude très soignée par M. H. Loewe, élève de M. Tornquist (1). Plus de cinq cents blocs ou cailloux ont été examinés, au point de vue de leurs caractères pétrographiques et fauniques, de leur position dans l'échelle stratigraphique du Dévonien, de leur répartition géographique actuelle, et enfin de leur origine probable. Pétrographiquement, les échantillons fossilifères, et déterminables avec certitude comme dévoniens, se rangent parmi les conglomérats et les grès, les calcaires purs et les calcaires et dolomies sableux ou argileux. Fauniquement, ils appartiennent aux séries mésodévoniennes et néodévoniennes, tout en renfermant des espèces que l'on peut rencontrer, soit plus bas, comme *Cyrtina heteroclita*, qui existe dans le dévonien inférieur, soit plus haut, comme *Reticularia lineata*, qui se rencontre jusque dans le Carboniférien.

(1) H. Loewe. *Die Nordischen Devongeschiebe Deutschlands.* NEUES JAHRB. FUR MIN. GEOL. PAL. XXXV Beilage Band, 1913.

Si l'on examine le nombre d'individus recueillis, on trouve que les brachiopodes forment 90 pour cent de l'ensemble, les lamellibranches 4, et les gastropodes 5 pour cent. Les polypiers, les vers, les crinoïdes et les céphalopodes à eux tous n'atteignent qu'un pour cent du total. Si l'on table sur le nombre d'espèces représentées, les chiffres deviennent respectivement : 47 pour cent pour les brachiopodes, 25 pour les lamellibranches, 19 pour les gastropodes, 3 pour les polypiers, 3 pour les vers, 1,5 pour les céphalopodes et autant pour les crinoïdes.

L'absence presque totale des céphalopodes de haute mer et la prédominance très marquée des brachiopodes, indiquent à l'évidence que les formations dévoniennes dont le démantèlement a fourni les matériaux erratiques, n'ont pu prendre naissance que dans une mer peu profonde.

La répartition géographique de ces matériaux est intéressante à considérer. Ils sont dispersés sur toute la partie de l'Allemagne du Nord, située à l'Ouest de l'Elbe, et l'on remarque que leur nombre augmente progressivement de l'Ouest à l'Est. Ce n'est que rarement qu'on les rencontre en Silésie, dans le Brandebourg, le duché de Posen, la Poméranie et le Schleswig-Holstein. Le point le plus occidental qu'ils aient atteint est, d'après Roemer, Kiel, tandis que la localité la plus méridionale qui en ait fourni est Gnadenfeld, dans la Haute-Silésie. Cette aire de dispersion, et les variations qui s'observent dans leur répartition suffisent déjà à leur faire assigner comme origine, les provinces Baltiques ou leurs alentours immédiats.

Les caractères fauniques et pétrographiques des roches erratiques, comparés à ceux des formations dévoniennes de la Courlande, de la vallée de la Duna, et de la région située au Nord de Dorpat a mené à reconnaître une concordance remarquable, permettant d'attribuer au démantèlement de ces régions, l'origine de la plupart des fragments disséminés dans la plaine Baltique par les appareils fluvioglaciaires. Il est à remarquer que sur quarante huit espèces déterminées avec certitude, il en est dix, c'est-à-dire vingt huit pour cent, qui ne sont connues que dans le dévonien du Nord-Ouest de la Russie, ou dans le massif par lequel celui-ci se prolonge vers le Nord, avec les mêmes caractères.

Mais il se rencontre, parmi les fossiles recueillis, des formes se rattachant à d'autres régions dévoniennes. Contre vingt huit espèces qui peuvent trouver place dans la faune des provinces baltiques et du Nord-Ouest de la Russie, on en trouve dix qui

appartiennent à la faune dévonienne de la Russie Centrale, cinq qui ne sont connues nulle part à l'Ouest de l'Oural sinon en Pologne et cinq qui dans l'état actuel de nos connaissances ne peuvent être rattachées à aucune des régions dévoniennes de l'Europe centrale.

L'étude des types pétrographiques ayant mené à des résultats sensiblement parallèles, on peut, semble-t-il, admettre les conclusions que pose M. Loewe à la fin de sa remarquable étude : c'est principalement aux débris du massif dévonien des provinces baltiques que doivent être attribués la plupart des blocs erratiques à faune dévonienne éparpillés aujourd'hui sur l'Allemagne septentrionale. Une part moins importante a été fournie par un massif dont la faune, étroitement apparentée d'ailleurs à la faune Baltique, présente des affinités avec celle du dévonien de la Russie centrale et de la Pologne, tandis que la composition pétrographique devait être très voisine de celle du massif courlandais.

Adhérant à une opinion déjà énoncée par d'autres auteurs, M. Loewe croit devoir situer ce massif dans une région aujourd'hui recouverte par la mer Baltique, à l'Ouest de la Courlande.

La progression des glaciers. — Le mouvement des glaciers vient d'être soumis par M. J. Vallot à de nouvelles études expérimentales ayant pour but de vérifier la réalité des variations saisonnières qu'on lui a longtemps attribuées (1). M. Vallot a reconnu que la vitesse de propagation varie proportionnellement à la charge à l'amont, un abaissement de 1 m. du niveau de la Mer de glace amenant une diminution de vitesse atteignant deux mètres par jour. Les expériences de Tyndall, qui datent d'un demi siècle, ont été effectuées à plusieurs années d'intervalle, au cours d'une période de décroissance rapide du glacier. Les résultats n'en sont donc pas comparables.

M. Vallot a pris soin de pratiquer de nouvelles mesures au cours d'une saison chaude et d'une saison froide consécutives, et de les faire porter sur un même tronçon du glacier, la Mer de glace au Montanvert. Les valeurs exprimant la vitesse en centimètres par jour ont fourni les moyennes de 24,6 pour l'été, et 24,3 pour l'hiver ; l'erreur d'observation pouvant atteindre un centimètre, ces deux chiffres sont donc remarquablement

(1) J. Vallot. *La vitesse des glaciers en hiver, et l'inanité de la théorie thermique de leur progession.* C. R., t. 156, p. 1948, juin 1913.

concordants, et permettent d'affirmer que la vitesse du glacier est sensiblement constante, été comme hiver.

La différence entre la vitesse hivernale et la vitesse estivale était le dernier fait sur lequel pût encore s'appuyer une théorie thermique de la progression des glaciers. Les chiffres fournis par M. Vallot sont de nature à ébranler grandement cet ultime fondement, et l'on est amené à considérer le mouvement de progression des glaciers comme provoqué par la seule action de la pesanteur et comparable, *mutatis mutandis*, au mouvement d'un cours d'eau dans son lit.

Le pôle continental de la terre (1). — On sait depuis le XVIIIe siècle qu'il est possible de tracer sur un globe terrestre, un grand cercle, le séparant en deux hémisphères dont l'un présente la proportion maxima de terres émergées vis à vis des mers, tandis que l'autre ne renferme pour ainsi dire que de l'eau. D'après A. de Lapparent, le pôle de l'hémisphère continental devait se trouver à Cloyes, (Eure et Loir) ; Penck le situait à 120 Km. au Sud-Ouest de Paris, tandis que l'application d'une méthode de calcul due à Krümmel conduisait à le placer non loin de l'embouchure de la Loire. De nouvelles recherches effectuées par M. Alphonse Berget ont eu pour résultat de fixer le pôle continental dans l'île Dumet, située au large de l'embouchure de la Vilaine, par 47° 24′ 42″ de latitude Nord, et 2° 37′ 13″ de longitude Ouest de Greenwich. Le grand cercle correspondant sépare deux hémisphères dans lesquels les rapports de la surface des terres à celles des mers sont :

Hémisphère continental	Hémisphère océanique
Eau, 54.5 %	Eau, 88.7 %
Terres, 45.5 »	Terres, 11.3 »

Dans le premier, l'étendue des terres émergées égale à peu près celle des mers, tandis que le second renferme près de neuf fois plus d'eau que de terres. Au total, les mers occupent plus des sept dixièmes de la surface du Globe terrestre.

F. K.

(1) Alph. Berget. *Sur la position exacte du pôle continental de la terre.* C. R., t. 156, n° 22, p. 1714, juin 1913.

La Variabilité dans les Végétaux

et

la Sélection artificielle [1]

Tout le monde sait que, dans les principales hypothèses qui ont été élaborées à l'effet d'expliquer l'évolution des espèces organiques, les résultats obtenus par les éleveurs, les horticulteurs et les agriculteurs ont tenu une place fort importante. Ce sont surtout les expériences de *sélection artificielle* qui ont joué ici un rôle fondamental, c'est-à-dire les expériences qui ont été depuis longtemps inaugurées avec le dessein d'améliorer graduellement, par *le choix des meilleures semences* ou par *le choix de parents appropriés*, les qualités de nos variétés de plantes cultivées et de nos races d'animaux domestiques. On sait quelle importance Charles Darwin attribuait aux résultats et aux méthodes de la sélection artificielle.

Il importe donc, pour le biologiste et aussi pour tout homme cultivé qui se préoccupe des hauts problèmes de l'évolution, il importe, dis-je, et il est indispensable, de s'assurer, au sujet des résultats obtenus par la sélection, des connaissances justes et précises. C'est la tâche que je voudrais vous faciliter par cette confé-

(1) Conférence faite à l'Assemblée générale de la Société scientifique, à Namur, le 28 octobre 1913.

rence et vous voyez ainsi que mon intention n'est pas d'embrasser ici, dans toute son ampleur, la question de la sélection, en y comprenant la sélection artificielle des éleveurs et la sélection naturelle de Darwin. C'est de la sélection artificielle seule que je me bornerai à vous parler et mon but sera atteint, si je réussis à vous donner, en ce qui regarde l'efficacité et les résultats de cette sélection, un tableau fidèle de l'état actuel de la science. Même ainsi limité, le sujet demeure assez vaste pour que je me trouve forcé de m'en tenir aux points essentiels, et encore ne vous parlerai-je que des végétaux.

Le premier fondement de la sélection artificielle — comme aussi de toute hypothèse sur le mécanisme de l'évolution organique — c'est la *variabilité des organismes*. Cela veut dire que la ressemblance entre des parents et leur progéniture n'est jamais parfaite ; que d'autre part, sauf des exceptions extrêmement rares, les enfants de mêmes parents ne se ressemblent jamais en tout point. De là il suit que, parmi les membres d'une même famille végétale ou animale, et, *a fortiori*, parmi les individus d'une même espèce, il arrive que les uns se trouvent supérieurs aux autres par certaines qualités qu'ils possèdent en propre ou du moins par le degré où se manifestent chez eux certaines des qualités communes de la famille ou de l'espèce. Ces individus privilégiés, l'agriculteur ou l'éleveur pourront les choisir et les isoler des autres, pour en faire la souche d'une descendance nouvelle, avec l'espoir que celle-ci manifestera, dans tous ses membres, la qualité appréciée. C'est dans ce choix, guidé par cet espoir, que réside la sélection artificielle. Il s'ensuit que s'il existe, dans les organismes, des modes divers de variabilité, les matériaux qu'ils apportent au sélectionneur peuvent être d'utilité variée et de promesses inégales. Aussi, pour vous donner une connaissance

précise de la sélection artificielle, il faut que, dans une première partie de cette conférence, je vous expose quelques notions sur les différents modes de variabilité et que je réserve, pour une seconde partie, l'examen du problème lui-même de la sélection (1).

I

LA VARIABILITÉ

La variabilité, avons-nous dit, consiste en ceci, que les descendants d'une même souche ou les membres d'une même espèce présentent entre eux des différences plus ou moins notables. Il conviendrait donc, semble-t-il, qu'avant de décrire les divers modes de variabilité, nous commencions par établir une définition bien nette de la notion d'espèce. Mais cela, qui nous entraînerait à de longues discussions, n'est heureusement pas nécessaire ici : il nous suffira de préciser quelques-unes seulement des données qui se rattachent au concept d'espèce.

A. *Espèces linnéennes, variétés, espèces élémentaires*

Lorsqu'on dit que des individus organiques appartiennent à une même espèce, ou « sont de la même espèce », on opère en réalité un classement : l'espèce

(1) Cette conférence ne veut être qu'une introduction à l'étude de la variabilité et de la sélection. Aussi ne pouvons-nous songer à dresser ici une bibliographie complète du sujet. Voici néanmoins, en négligeant les publications destinés aux spécialistes, l'indication de quelques ouvrages, où le lecteur pourra compléter son instruction : Hugo de Vries, *Species and Varieties*, Chicago, 1904 (traduit en français par Blaringhem, sous le titre : *Espèces et Variétés*, Paris, 1909) ; *Plant-Breeding*, Londres, 1907 ; *Aeltere und neuere Selektionsmethode*, *Biologisches Centralblatt*, XXVI, 1906 ; *Die Mutationen in der Erblichkeitslehre*, Berlin, 1912 ; W. Johannsen, *Elemente der exakten Erblichkeitslehre*, 2e édition, Jena, 1913 ; — C. Fruwirth, *Die Entwicklung der Auslesevorgänge bei den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen ; Progressus Rei Botanicæ*, III, 1910.

est une unité de classification, une *unité systématique*. Le fondement de ce classement, de ce groupement, c'est que les membres d'une même espèce, malgré leurs différences individuelles, possèdent en commun un certain nombre de « caractères » et se rattachent ainsi à un *même type d'organisation*. D'autre part, tout le monde sait que les espèces sont à leur tour groupées dans des unités systématiques supérieures, dont la première est ce qu'on appelle le *genre* : les deux espèces Lys blanc et Lys jaune appartiennent toutes deux au genre Lys.

Pour préciser la notion d'espèce, il nous faut donc la délimiter, d'abord par le haut, en l'opposant aux groupements systématiques qui lui sont supérieurs, et ensuite par le bas, en l'opposant aux différences individuelles qui lui sont subordonnées.

Lorsque nous cherchons à répartir en groupements systématiques un ensemble d'êtres vivants, il est clair que nous pouvons envisager dans ceux-ci — à l'effet d'établir leurs affinités — un nombre plus ou moins considérable de caractères et que, moins ce nombre sera élevé, plus nombreux seront, au contraire, les individus auxquels s'appliquera le type d'organisation que nous aurons défini par ces traits. Par exemple, si nous n'envisageons d'abord que les caractères qui font qu'une plante est plante, nous définissons un type d'organisation qui s'étend à tous les végétaux. Si ensuite, à ce premier lot de caractères, nous ajoutons celui-ci : produire des graines, le type plus complexe que nous définissons à l'aide de cette addition, ne s'applique plus qu'au groupe des plantes phanérogames. Il faut remarquer d'ailleurs que ce second type d'organisation apparaît comme une subdivision du premier, le type *plante* se subdivisant en ces deux types : *plantes sans graines*, *plantes à graines*.

Cette subdivision de types plus généraux, s'accom-

plissant au fur et à mesure qu'on envisage un nombre plus considérable de caractères, l'étude systématique des êtres vivants nous la fait répéter à plusieurs reprises et cela nous mène à définir des types d'organisation de plus en plus riches d'éléments constitutifs, de plus en plus complexes, mais qui sont, par là même, d'application de plus en plus restreinte et qui apparaissent comme subordonnés les uns aux autres. C'est ainsi que le type *plante à graines* se subdivise, par une addition nouvelle, en Gymnospermes et Angiospermes, ces dernières à leur tour se subdivisant en Monocotylées et Dicotylées. D'addition en addition, on est enfin amené à définir des types d'organisation qu'il est impossible de *subdiviser* encore, par une nouvelle adjonction de caractères : les individus dans lesquels se vérifie chacun de ces types ne présentent, en effet, les uns avec les autres, que des *différences individuelles*. Ce sont ces types d'organisation les plus complexes, les plus riches de traits constitutifs, qui définissent les espèces ; ou, ce qui revient au même, l'espèce représente le *premier* groupement auquel on rattache les *individus*, la *première unité systématique*.

Cette notion de l'espèce vous semblera encore bien indécise ; c'est qu'il nous reste maintenant à la préciser, comme nous l'avons dit, vers le bas, en opposant les *caractères spécifiques* aux *caractères individuels*. Il faut donc nous demander ce qui est requis pour qu'un caractère donné s'élève au-dessus du rang de caractère individuel et mérite d'entrer dans la définition d'un type d'organisation. Or, manifestement, il faut pour cela, et il suffit, que ce caractère se montre *héréditairement constant*, c'est-à-dire que, normalement, il se transmette, par la voie de la reproduction, à toute la descendance issue des individus qui le possèdent. Il est clair, en effet, qu'un caractère qui appartient en commun à tous les individus provenus d'une même

souche et les distingue d'avec l'ensemble des individus issus d'autres souches, définit par là même, pour sa part, un type d'organisation ; inversement, un caractère qui apparaît et disparaît avec les individus qui le possèdent, ne saurait être considéré comme un des éléments d'un type d'organisation.

S'il en est bien ainsi, c'est-à-dire, si vraiment il faut donner le nom d'*espèce* à la *première* unité systématique et si, d'autre part, la constance héréditaire d'un caractère lui vaut, d'emblée, la dignité de caractère *typique*, deux choses paraissent s'ensuivre. C'est d'abord que, dès là que deux individus diffèrent l'un de l'autre par un caractère constant, il faudrait, quel que soit le degré d'importance de ce caractère et quand bien même il serait fort accessoire, rattacher ces individus à deux espèces différentes : le hêtre à feuilles découpées ne diffère du hêtre ordinaire par aucune autre chose que la forme de ses feuilles ; c'est une différence bien légère, mais le caractère des feuilles est, dans les deux types, héréditairement constant et c'est pourquoi il devrait suffire à justifier que l'on définisse, par ces deux types, deux espèces du genre *Fagus*. Inversement, si dans la descendance issue de parents donnés, un individu manifeste un caractère nouveau qu'il transmet ensuite fidèlement à sa progéniture, ce caractère, si accessoire qu'il puisse être, devrait autoriser à répartir les individus qui le possèdent, avec toute leur descendance, dans une espèce nouvelle, distincte de l'espèce parentale.

Ces considérations paraissent assez claires, d'un point de vue théorique. Mais une classification des végétaux et des animaux doit aussi s'inspirer de préoccupations pratiques. Aussi, lorsqu'il entreprit de fixer les diagnoses des espèces connues de son temps, Linné estima que certains caractères, bien que constants, présentent néanmoins trop peu d'importance

pour définir, par eux-mêmes, des espèces, c'est-à-dire pour faire grouper en des espèces différentes les individus qui les manifestent et ceux qui en sont dépourvus. Linné admit donc qu'à une même espèce peuvent se rattacher des individus qui diffèrent les uns des autres par des caractères constants et il fut par là conduit à découper, dans l'espèce elle-même, des subdivisions auxquelles il donna le nom de *variétés*. C'est ainsi que, dans l'espèce *Primula veris*, il distingua trois variétés — qui d'ailleurs, pour les systématiciens actuels, ont la valeur d'espèces véritables — *Primula officinalis*, *Primula elatior*, *Primula acaulis*.

Or on a, depuis l'époque de Linné, repris l'étude de ces « variétés » et on est arrivé à des notions plus précises qui, nous le verrons, intéressent considérablement la question de la sélection. Il faut distinguer maintenant, parmi les formes constantes subordonnées à l'espèce, des *variétés* proprement dites et des *espèces élémentaires*.

On réserve le nom de *variétés proprement dites* à des formes qui ne représentent que des *modifications* de l'espèce linnéenne et qui, par suite, se rangent, pour ainsi parler, à ses côtés. Cela veut dire que, l'espèce linnéenne étant vraiment réalisée, telle quelle, dans certains individus, on trouve aussi, d'autre part, des races constantes où la physionomie de l'espèce linnéenne se présente modifiée dans l'un ou l'autre de ses traits : ce sont ces races qui constituent les *variétés* proprement dites. Par exemple, l'espèce *Fagus sylvatica*, le hêtre, se trouve réalisée, dans de nombreux individus, telle que Linné l'a définie et elle y comporte des feuilles vertes, presque entières. Mais on connaît, outre cela, entre autres, deux types constants, qui ne diffèrent chacun du type linnéen que par une modification : dans le premier de ces types, la modification

porte uniquement sur le dessin des feuilles, qui sont ici découpées; dans le second, la modification ne concerne que la couleur des feuilles qui y sont pourpres, au lieu d'être vertes : ces deux types de hêtre sont donc deux variétés. — De la nature même des caractères « variétaux », il suit qu'on peut les définir complètement d'un seul mot, ajouté à la dénomination de l'espèce elle-même. A côté de l'espèce *Fagus sylvatica*, on distingue la variété *Fagus sylvatica asplenifolia* et la variété *Fagus sylvatica purpurea*.

Ainsi définie, la *variété* ne représente pas vraiment une subdivision de l'espèce, puisque celle-ci se trouve réalisée indépendamment des variétés qui s'y rattachent. Il n'en va pas de même des formes que nous avons appelées plus haut *espèces élémentaires :* celles-ci constituent vraiment des subdivisions de l'espèce linnéenne. C'est Jordan, un amateur de Lyon, qui fit, en cette matière, la première grande découverte et le récit de ses expériences fera bien comprendre la notion nouvelle. Jordan (1) avait remarqué que les exemplaires de l'espèce *Draba verna* que l'on recueillait dans des stations différentes ou même dans une seule station, présentaient parfois entre eux des différences qui paraissaient occuper un rang supérieur à celui de caractéristiques individuelles. Jordan discerna un certain nombre de types divers, les différences portant, entre autres choses, sur la grandeur et la forme des pétales (Fig. I. 1, 2, 5, 6) ; sur la forme et les dimensions des feuilles (Fig. I. 3, 4, 7, 8, 9, 10) ; sur le port de la grappe (même figure) ; sur la forme des poils qui garnissent la plante. Il fallait rechercher si toutes ces différences n'étaient pas dues aux conditions variées de

(1) Les recherches de Jordan sont résumées dans son travail de 1873 : *Remarques sur le fait de l'existence en société, à l'état sauvage, des espèces végétales affines*, Lyon.

milieu et de climat auxquelles les plantes se trouvaient soumises ou si au contraire les caractères spéciaux méritaient, par leur *constance héréditaire*, de définir de vrais *types d'organisation*. Jordan imagina donc de récolter des graines de *Draba* sur des plantes appartenant aux divers types qu'il avait distingués et de les semer côte à côte dans son jardin, de façon que toutes

Fig. I. — Espèces élémentaires de *Draba verna* (d'après de Vries).

les plantes nouvelles se trouvassent soumises aux mêmes conditions de végétation. Or, il constata que les diverses formes se maintinrent fidèlement dans la descendance, aussi distinctes les unes des autres que dans les plantes qui avaient fourni les graines. Au cours des trente années pendant lesquelles il poursuivit ses

cultures, Jordan n'observa aucune défaillance dans la transmission héréditaire des types que sa première série d'expériences lui avait montré être constants. Il s'agissait donc bien là d'autant de véritables types d'organisation. Aussi Jordan n'hésita-t-il point à les regarder comme des espèces et même comme « *les seules vraies espèces* ».

Les botanistes conservèrent néanmoins comme unités systématiques les espèces linnéennes et donnèrent aux formes de Jordan les noms d'*espèces jordaniennes* et de *petites espèces*, remplacés maintenant par celui d'*espèces élémentaires*. A ne considérer que les principes que nous avons développés plus haut sur la portée systématique des caractères *constants*, il n'y a pas de doute que Jordan raisonnait parfaitement juste. Mais il faut ajouter que les botanistes n'eurent point tort de s'en tenir, pour l'usage courant, aux espèces linnéennes.

Quoi qu'il en soit de cette question de terminologie, il était extrêmement important d'avoir établi qu'une espèce linnéenne peut représenter elle-même un groupement de types constants. Et cela est d'autant plus remarquable que Jordan a pu discerner jusqu'à 200 petites espèces dans le *Draba verna*. Des recherches ultérieures ont d'ailleurs confirmé, du moins dans leurs grandes lignes, les conclusions de Jordan et même les ont étendues à d'autres espèces de plantes sauvages.

Ce que nous venons de dire au sujet du *Draba verna* nous permet de marquer, dans la notion d'espèces élémentaires, des traits opposés à ceux par lesquels nous avons caractérisé plus haut les variétés proprement dites (1). Dans le *Draba verna*, contrairement à ce qui est vrai du *Fagus sylvatica*, on ne peut pas dire qu'il existe un type principal qui vérifierait, plus que

(1) La distinction dont nous parlons a été surtout bien précisée par H. de Vries, *Species and Varieties*.

les autres, la définition spécifique et auquel les autres types se rattacheraient, comme des *modifications*. Les espèces élémentaires occupent toutes le même rang et la diagnose de l'espèce *Draba verna* n'est qu'une synthèse des caractères présentés par les diverses petites espèces. Celles-ci apparaissent donc comme de vraies *subdivisions* de l'espèce linnéenne et il est impossible de les signaler complètement en ajoutant, à la dénomination linnéenne, un qualificatif de « modification ».

Les notions que nous venons d'exposer au sujet de l'espèce suffiront pour comprendre toute la suite de cette conférence, et nous pouvons maintenant aborder la description des divers modes de variabilité.

B. *Modes de variabilité*

C'est H. de Vries qui a écrit : « rien n'est plus variable que la signification que l'on a donnée au mot variabilité ». Et cela est très vrai ; mais la cause de cette confusion, c'est que trop d'auteurs fondent leurs définitions sur les conceptions purement hypothétiques qu'ils se sont forgées concernant les sources profondes et le mécanisme de la variabilité. Nous préférons n'envisager ici que les faits eux-mêmes : nous négligerons, d'ailleurs, à dessein, certaines formes de variabilité (telles que la variabilité par caractères acquis) et nous examinerons simplement la *fluctuation*, la *mutation*, la production des *nouveautés mendéliennes*.

1. — La variabilité *fluctuante*, ou variabilité *continue*, ou *fluctuation*, offre la forme la plus simple et la plus fréquente de variabilité. Un exemple, représenté par la figure II, nous permettra de la définir. Si, dans une race donnée de haricot, on récolte un certain nombre de graines, on constate que celles-ci présentent des longueurs assez diverses, Fig. II : la variabilité

s'exerce donc par rapport à ce caractère, la longueur des graines. Or, voici ce que révèle une étude plus précise du rythme de cette variabilité. En premier lieu, si toutefois on examine un grand nombre de graines, on constate que les diverses longueurs mesurées s'éche-

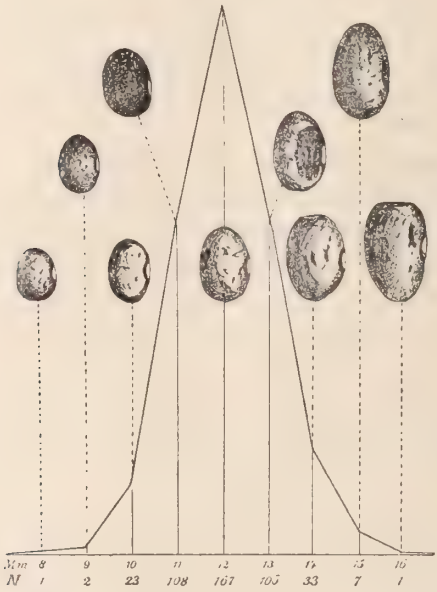

Fig. II. — Variabilité dans une race de haricot (d'après de Vries).

lonnent en une série continue, sans hiatus ; d'où l'expression : variabilité *continue*. Les dimensions représentées par la figure II se suivent, il est vrai, de millimètre en millimètre, depuis 8 mm. jusqu'à 16 mm., mais, dans la réalité, on trouve les valeurs intermédiaires.

En second lieu, la fréquence avec laquelle se rencontrent les diverses valeurs du caractère fluctuant se trouve régie par une loi bien définie, que l'on appelle souvent la loi de Quételet. Dans l'expérience que nous avons choisie comme exemple, on a recueilli 448

graines et on les a réparties, d'après leur longueur, en 9 *classes*. La première classe comprend les graines qui mesurent au moins 8 mm. mais n'atteignent pas 9 mm. ; la seconde comprend les graines dont la longueur égale ou dépasse 9 mm. mais reste inférieure à 10 mm.; et ainsi de suite pour les autres classes, définies chacune par une valeur minimum et une valeur maximum, distantes d'un millimètre. Si on examine maintenant le nombre des graines qui composent chacune des classes (rangée inférieure de chiffres dans la figure), on constate que la classe la plus abondante (167) comprend des graines qui mesurent 12 mm.; la valeur qui la caractérise se trouve donc située comme à mi-chemin entre les deux valeurs extrêmes, 8 et 16 : on l'appellera la *valeur moyenne*. Les autres dimensions, graduellement plus petites ou graduellement plus grandes que la dimension moyenne, se trouvent réalisées dans des classes graduellement moins nombreuses que la classe moyenne, la longueur 11, par exemple, apparaissant dans 108 graines, la valeur 10 dans 23 et ainsi de suite, les valeurs extrêmes n'étant représentées chacune que dans un très petit nombre de graines. Même on constate que les classes qui se trouvent symétriquement placées, l'une à droite, l'autre à gauche de la classe moyenne, montrent une certaine tendance à comprendre un nombre égal d'individus : la valeur 11, immédiatement inférieure à la valeur moyenne, se vérifie dans 108 graines, tandis que la valeur 13, immédiatement supérieure à la valeur moyenne, est réalisée dans 106 graines, et ainsi pour le reste. La variabilité oscille donc, de part et d'autre d'une valeur centrale : elle est vraiment *fluctuante*.

Pour l'exemple qui nous occupe, on admet que, si on examinait un lot de graines extrêmement nombreux et si, dans le classement des graines, on tenait compte des fractions de millimètre, on arriverait à constater

que, dans les graines de la classe la plus fournie, la longueur serait égale à la moyenne arithmétique de cette dimension, calculée pour tout le lot de graines étudié ; on constaterait en même temps que la répartition des valeurs qui s'écartent, en plus et en moins, de la valeur moyenne serait absolument symétrique et pourrait s'exprimer par une courbe binomiale (1).

On peut rendre frappante la répartition des valeurs d'une série fluctuante, analogue à celle que nous avons exposée, en logeant les divers lots de graines dans une série de récipients de calibre égal et qui sont alignés suivant l'ordre de la gradation des longueurs dans les graines. La fig. III, page 399, en offre plusieurs cas. La rangée *c*, par exemple, montre 12 récipients alignés. On voit qu'aux deux côtés de la classe moyenne, les classes latérales vont décroissant, selon une certaine symétrie.

Il est donc manifeste que la répartition, parmi les individus, des diverses valeurs d'une série fluctuante, ou, comme l'on s'exprime souvent, des diverses *variantes*, se trouve réglée par une certaine loi. C'est l'astronome belge Quételet qui découvrit le premier une loi de ce genre pour la variation de la taille dans les individus d'une même race humaine. Aussi l'on dit, — et c'est un second caractère — que la variabilité fluctuante suit la loi de Quételet.

Les deux notions que nous venons d'exposer — continuité de la série des variantes et concordance avec la loi de Quételet — n'épuisent pas encore la définition de la variabilité fluctuante. Il faut y ajouter une troisième donnée, qui regarde la *portée hérédi-*

(1) Il est loin cependant d'en être toujours ainsi ; mais nous ne pouvons pas entrer ici dans l'examen des types divers de la fluctuation. Les lecteurs qui s'intéressent au côté mathématique de la question actuelle devront lire le récent travail de F. Auerbach, *Die Variationskurven in der Biologie* (Zeitsch. für induktive Abstammungs-und Vererbungslehre, Bd. XI, nov. 1913).

taire des diverses valeurs, ou des diverses *variantes*, d'un caractère sujet à la fluctuation. Restons dans notre exemple et demandons-nous ce qu'il arrivera si, dans notre race de haricot, nous semons, à part, les graines dont la longueur atteint 15 mm. et présente donc, avec la valeur moyenne de la race (12 mm.), un écart de 3 mm. Cet écart sera-t-il transmis à la descendance ? Telle est la question.

Et d'abord, les plantes qui sortiront de nos semences vont-elles donner des graines qui atteindront toutes, d'une façon uniforme, une longueur de 15 mm. ? Non pas ; les graines de la génération nouvelle manifesteront elles-mêmes, par rapport au caractère envisagé, une certaine fluctuation autour d'une valeur moyenne. Pouvons-nous du moins espérer que la valeur moyenne de la longueur, dans la descendance, sera égale à 15 mm. ? Il n'en est encore rien ; la valeur moyenne de la génération nouvelle sera certainement inférieure à 15 mm. Il resterait enfin à nous demander quelle sera, réellement, cette valeur moyenne. Mais ce point forme précisément le nœud de la discussion dans le problème de la sélection artificielle et nous devons donc le réserver pour notre seconde partie. Ce qu'il était nécessaire et d'ailleurs suffisant de faire ressortir ici — et c'est une donnée sur laquelle tout le monde s'accorde, — c'est que les variantes d'une série fluctuante ne se transmettent pas à la descendance *immédiate*, avec toute leur valeur, ce qui veut dire qu'elles ne deviennent ni la caractéristique uniforme de toute cette descendance, ni la valeur moyenne autour de laquelle s'y produirait l'oscillation fluctuante. Cela achève de définir la fluctuation.

2. — La *variation brusque* ou *mutation*, notre second type de variabilité, affecte des allures qui sont nettement opposées à celles de la fluctuation. Un

exemple nous permettra de marquer clairement cette opposition.

Dans la grande éclaire, *Chelidonium majus* — mauvaise herbe fort répandue, que beaucoup d'entre vous connaissent — les feuilles en sont lobées et les quatre pétales jaunes sont entiers. En 1590, un pharmacien de Hambourg, Sprenger, découvrait dans son jardin, parmi les individus normaux de *Chelidonium majus*, un individu qui se distinguait du type spécifique en ceci que les segments des feuilles et les pétales se montraient assez profondément incisés ou laciniés. Sprenger recueillit les graines produites par ce pied et en obtint l'année suivante des plantes qui reproduisirent toutes et parfaitement la laciniation des feuilles et des pétales. Depuis lors, des semences de la forme nouvelle ont été envoyées à tous les jardins botaniques et le type de Sprenger s'y perpétue sans défaillance.

Cette sorte de variation est bien distincte de la fluctuation. Il faut remarquer d'abord que la forme nouvelle des feuilles et des pétales s'est montrée, dès le début, et a continué de se montrer, par la suite, nettement isolée de la forme spécifique de ces mêmes organes, par un hiatus que n'est venue combler aucune série de formes transitionnelles. La disposition nouvelle n'entre donc pas dans une série continue dont la forme ancienne ferait elle aussi partie : la mutation représente une variabilité *discontinue*. C'est une première opposition entre mutation et fluctation et elle en entraîne tout de suite une autre, à savoir que la variabilité qui a fait naître la forme nouvelle ne saurait être régie par la loi de Quételet. Mais voici le caractère le plus fondamental de la mutation : c'est que la forme nouvelle se montre, *dès son apparition*, fixée définitivement dans l'apanage héréditaire des individus qui la manifestent : de ceux-ci sortira une *race nouvelle*, variété ou espèce élémentaire, définie par le caractère nouveau : la mu-

tation de Heidelberg, en 1590, a produit, d'emblée, la variété *Chelidonium majus laciniatum*. Et on voit, pour le dire en passant, que la mutation ne comporte pas nécessairement, ainsi qu'on l'écrit parfois, l'apparition d'un type *notablement* différent du type ancien. C'est la constance héréditaire, acquise dès l'origine, qui est vraiment la note propre de la mutation.

3. — Comme troisième mode de variabilité, nous avons indiqué la production des *nouveautés mendéliennes*. C'est ici l'une des acquisitions les plus importantes dans le domaine qui nous occupe et elle promet, pour l'avenir, les plus splendides moissons. La voie a été ouverte et les résultats fondamentaux ont été acquis, dès 1865, par les recherches, longtemps inconnues, maintenant célèbres, d'un savant moine autrichien, Gregor Mendel, et c'est pourquoi les phénomènes dont il s'agit s'appellent *mendéliens*. Il me suffira de vous en dire ici quelques mots (1).

Rappelons d'abord que, pour qu'une graine se produise, il faut la collaboration du pollen, fourni par l'étamine de la fleur, avec l'ovule, contenu — chez les Angiospermes — dans l'ovaire : la coopération de ces deux éléments réalise la fécondation.

Divers cas peuvent se présenter en ce qui concerne la provenance du pollen et de l'ovule entre lesquels s'opère la fécondation. Il nous suffit d'en mentionner deux : on dit que la fécondation est *directe*, lorsque le pollen et l'ovule qui collaborent proviennent d'une même fleur ; on dit que la fécondation est *croisée*, lorsque les deux éléments proviennent de deux indi-

(1) Je me permets de renvoyer les lecteurs que ces questions intéressent spécialement, aux articles que j'ai publiés sur le « mendélisme » dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, nos d'octobre 1911 et d'avril 1912 : *Les recherches de Mendel et des mendélistes sur l'hérédité*.

vidus différents et qui n'appartiennent pas à un même type d'organisation.

C'est précisément à la suite de croisements réalisés entre des individus qui diffèrent l'un de l'autre par des caractères variétaux, que Mendel et ses successeurs ont constaté la naissance de *nouveaux types constants d'organisation* (1).

En voici un exemple emprunté à Mendel lui-même (2). En croisant une variété de pois comestible, dans laquelle les graines — les pois eux-mêmes — sont à la fois de teinte jaune et de forme arrondie, avec une variété dans laquelle les pois sont à la fois verts et de contour ridé, Mendel obtint, à la deuxième génération qui suivit le croisement, outre les deux sortes de pois que nous venons de définir, deux sortes différentes de pois, inconnues jusque là et caractérisées chacune par une *combinaison* nouvelle des caractères des races parentes, l'une d'elles associant la teinte jaune avec la forme ridée, l'autre, au contraire, associant la teinte verte avec la forme arrondie. Or, et voici le point important à l'égard de notre étude actuelle, parmi les pois qui appartenaient à ces deux sortes inédites, un certain nombre possédaient la combinaison nouvelle de caractères à l'état de pureté et cela veut dire qu'ils transmirent cette combinaison fidèlement à toute leur descendance. En d'autres termes, à côté des variétés anciennes, le croisement avait créé deux *nouvelles variétés constantes*.

Dans le cas que nous venons de citer, les deux variétés croisées ne s'opposent l'une à l'autre que par deux caractères, l'un concernant la couleur des graines,

(1) Nous devrions parler aussi de la production de types nouveaux par le moyen d'un croisement entre espèces élémentaires ou même entre espèces linnéennes. Mais la question n'est pas encore assez avancée pour être abordée dans cette conférence.

(2) On le trouvera longuement exposé dans les articles indiqués plus haut.

le second se rapportant à leur forme. Mendel a réussi de la même manière à analyser les résultats d'un croisement réalisé entre des variétés qui s'opposent l'une à l'autre par trois caractères : il constata alors qu'il apparaît, dans la descendance, six nouvelles variétés constantes.

Par un calcul très simple, fondé sur ses expériences, il put montrer qu'un croisement entre des variétés qui diffèrent par n caractères, donne naissance à 2^n types constants, qui sont tous, à l'exception de deux, des variétés nouvelles. Ainsi le croisement entre deux variétés qui s'opposent l'une à l'autre par quatre caractères donne naissance à quatorze variétés nouvelles, parfaitement constantes.

Des expériences fort nombreuses ont maintenant confirmé les découvertes de Mendel. Même elles les ont largement étendues, entre autres dans une direction qui intéresse tout particulièrement l'étude de la variabilité et de la production de types nouveaux. Dans l'exemple que nous avons pris à Mendel, les nouveautés qui viennent enrichir la descendance issue d'un croisement, ne représentent qu'une nouvelle combinaison de caractères déjà *manifestés* par les parents. A présent, on va beaucoup plus loin dans la réalisation de types nouveaux, en suivant d'ailleurs une voie que Mendel avait au moins pressentie. On connaît maintenant beaucoup de cas — et leur nombre s'accroît rapidement — où les nouveautés mendéliennes ne sont pas composées d'éléments empruntés à la *physionomie* des deux variétés croisées, mais représentent des types *tout différents de ces dernières*. En voici un exemple très simple : deux variétés de pois de senteur à fleurs blanches peuvent, dans certains cas, croisées entre elles, donner naissance à plusieurs variétés constantes de pois de senteur *à fleurs diversement colorées*. La même chose est vraie pour certains croise-

ments entre des variétés blanches de Gueule de Lion. C'est dans cette voie surtout que l'on peut s'attendre à des découvertes surprenantes.

Dans l'exposé qui précède, nous n'avons pu qu'effleurer, à peine, l'étude de la fluctuation, de la mutation, des croisements mendéliens. Nous nous sommes borné à mettre en lumière les données qui vont nous servir maintenant dans l'examen de la sélection artificielle.

II

LA SÉLECTION ARTIFICIELLE

A. *Le problème de la sélection*

Il y a longtemps que les agriculteurs, en vue d'obtenir des récoltes fructueuses de céréales, ont songé à choisir, pour l'ensemencement, les grains de meilleure qualité. C'est la forme la plus simple de la « sélection ». Ce procédé aidait réellement à maintenir la valeur des récoltes ; mais on ne fut pas longtemps à s'apercevoir que, pour être efficace, le choix doit se renouveler chaque année. On connaît les vers de Virgile :

> Vidi lecta diu et multo spectata labore
> Degenerare tamen ni vis humana quotannis
> Maxima quæque manu legeret (*Géorgiques* I)

Il semble que pendant longtemps, on n'ait prétendu qu'à une chose : *conserver* aux races cultivées les qualités et la valeur qu'elles possédaient déjà.

A une époque plus voisine de la nôtre, on a pensé pouvoir demander à la sélection des services plus étendus et une intervention plus profonde. On a cru qu'il serait possible, par le choix des semences, non seulement de maintenir les qualités d'une race donnée, mais même

de les accroître, de les développer au delà des limites où elles se contenaient auparavant, d'augmenter par exemple la productivité de cette race jusqu'à surpasser tous les niveaux atteints précédemment ; on a pensé, en un mot, que la sélection aurait le pouvoir d'*améliorer* la race. On a même espéré que, l'amélioration ainsi obtenue, on arriverait, par des sélections répétées, à la rendre stable et à l'incorporer définitivement dans l'apanage héréditaire de la descendance, qui par là même aurait pris rang de race nouvelle. Accroissement graduel des qualités et fixation de l'amélioration obtenue, tel était dès lors le double objectif des sélectionneurs.

Il nous faut, avant tout, examiner de plus près ce programme que l'on arrêtait pour la sélection et, à cet effet, puisque l'homme peut mettre à profit, en vue d'obtenir une race nouvelle, les trois modes de variabilité que nous avons distingués plus haut, nous avons à nous demander en quoi devrait consister, dans chacun des trois cas, l'intervention du sélectionneur.

1. — Dans le cas de *mutation*, que nous envisageons en premier lieu, on voit tout de suite que l'œuvre de l'homme se réduit à peu de chose. Si c'est, en effet, à la suite d'une mutation authentique que certains individus d'une race donnée manifestent une disposition nouvelle ou un renforcement des qualités anciennes de la race, il s'ensuit que ces « nouveautés » vont se transmettre, dans leur valeur entière, à toute la descendance qui naîtra de ces individus et que même elles se maintiendront constantes dans les générations ultérieures. Si donc l'homme désire obtenir une race homogène, composée uniquement d'individus possédant le caractère nouveau ou la nouvelle amélioration, il lui suffira d'*isoler* les premiers individus qui montrent la mutation, et cela afin d'éviter qu'ils ne restent mélan-

gés avec des individus de la race primitive, afin d'éviter aussi que des croisements aventureux ne viennent altérer la pureté de la race. Cette intervention de l'homme comporte un choix et mérite, à ce titre, le nom de sélection, mais il apparaît clairement que la sélection n'est ici qu'un triage de types déjà tout constitués et constants par eux-mêmes; la sélection n'a contribué ni à produire l'amélioration ni à la rendre stable. Ce cas se vérifie pour celles des variétés horticoles qui ne sont pas dues au croisement. Pour obtenir un progrès ultérieur, il reste à l'homme d'attendre qu'une mutation nouvelle se produise, à moins qu'on n'arrive à découvrir, par les expériences que l'on poursuit à ce sujet, le moyen de provoquer, dans une direction donnée, la mutabilité des races végétales ou animales.

2. Dans le cas des nouvelles *combinaisons mendéliennes*, l'intervention de l'homme est plus étendue, puisqu'il est certain que nous pouvons non seulement provoquer mais même diriger la production des nouveautés. Les lois mendéliennes établissent qu'il est possible d'effectuer les croisements d'après un programme bien défini, en vue de réaliser telle ou telle combinaison de caractères que l'on désire. C'est ainsi que, en croisant une race de froment à la fois très fertile et peu résistante aux parasites avec une race au contraire peu productive mais indemne à l'égard des parasites, Biffen a pu obtenir une race où se trouvent associées les deux dispositions utiles, la grande productivité et l'immunité à l'endroit des parasites.

Mais ici encore, ainsi que nous l'avons vu plus haut, la combinaison nouvelle se montre, dès le début, absolument stable dans un certain nombre d'individus, qui, par rapport à cette combinaison nouvelle de caractères, sont vraiment de race pure. Le *choix* de l'homme, une fois réalisé le croisement, n'aura encore à intervenir

que pour *isoler* les individus de race pure et les garantir ensuite contre tout nouveau croisement. C'est toute l'œuvre de la sélection, qui, par conséquent, n'apporte ni l'amélioration ni la fixation héréditaire.

On voit donc que, lorsqu'il s'agit d'utiliser, pour la formation de races nouvelles, soit la variabilité mutante, soit le croisement mendélien, l'efficacité de la sélection ne soulève vraiment aucun problème spécial. C'est plutôt l'existence même et l'étendue de ces modes de variabilité qui forment le nœud de la question.

3. — Il n'en va plus ainsi lorsqu'on se demande si, pour obtenir, par sélection, une race améliorée, il est possible de recourir à la *variabilité fluctuante*.

C'est un problème fort complexe qui surgit alors, car on attribue à la *sélection elle-même* des efficacités multiples et fort importantes. Aussi faut-il qu'en m'aidant d'un exemple, je m'efforce de préciser les *diverses questions* dans lesquelles on peut décomposer le problème de la sélection.

Je suppose que, possédant une race de haricot dans laquelle la longueur des graines oscille autour d'une moyenne de 12 mm., entre les deux valeurs extrêmes de 8 mm. et de 16 mm. (fig. II, p. 364), nous voulions obtenir une race produisant des graines d'une valeur moyenne plus élevée. Nous choisirons, pour la semence, des graines d'une longueur supérieure à 12 mm., soit des graines de 15 mm., présentant donc avec la valeur moyenne un écart de 3 unités.

Nous savons déjà que la descendance issue de nos semences ne sera pas homogène, c'est-à-dire ne sera pas composée uniquement de graines d'une longueur uniforme, supérieure à 12 mm., mais montrera elle aussi une certaine oscillation autour d'une valeur moyenne. Nous savons en outre que la moyenne des

graines, dans la descendance, ne sera certainement pas égale à 15 mm., mais restera inférieure à cette valeur. Ce à quoi nous pouvons uniquement prétendre, par ce premier choix, c'est donc simplement de déplacer, dans la descendance, la valeur moyenne du caractère envisagé, de façon à la rapprocher de la valeur qui se trouve réalisée dans les graines choisies pour la semence.

Voici, d'après cela, une *première question* que soulève la sélection de valeurs fluctuantes, et qu'elle soulève précisément parce qu'il s'agit de variabilité fluctuante : l'écart qui existe entre la valeur moyenne d'une race et la valeur d'une variante choisie pour la semence se transmettra-t-il à la descendance, dans une certaine mesure, et quelle sera cette mesure ? La même question se poserait d'ailleurs, il faut le noter pour la suite, s'il s'agissait d'obtenir, en choisissant pour la semence des graines mesurant moins de 12 mm., une race dont la valeur moyenne serait *inférieure* à celle de la race parentale.

Notre première question concerne, on le voit, l'efficacité d'une *première sélection ;* d'autres questions vont se présenter maintenant qui regardent l'efficacité d'une *sélection répétée* pendant plusieurs générations successives.

Supposons donc que l'écart de fluctuation soit réellement transmissible et que nos graines de 15 mm. nous aient donné une descendance dans laquelle la moyenne soit, par exemple, de 13, l'écart de 3 unités ayant par conséquent été hérité pour un tiers de sa valeur. Supposons en outre que, dans la descendance, l'oscillation autour de la valeur moyenne nouvelle présente une amplitude égale à celle de la fluctuation dans la race parentale ; il en résultera que, dans cette descendance, les extrêmes ne seront plus 8 et 16, mais se trouveront eux-mêmes, comme la moyenne, déplacés d'une unité

vers la droite : ils seront devenus 9 et 17. Opérons maintenant une seconde fois la sélection au sein de ce nouvel ensemble de graines et choisissons, pour la semence, des graines mesurant 16 mm., c'est-à-dire dépassant de trois unités la valeur moyenne nouvelle, ainsi que, dans notre premier choix, nous avions pris des graines mesurant trois unités de plus que la valeur moyenne initiale. Si la transmissibilité de l'écart de fluctuation s'exerce comme après notre première sélection et dans la même mesure, si donc l'écart de 16 à 13, soit 3, est hérité pour un tiers de sa valeur, soit 1, nous obtiendrons une descendance dont la valeur moyenne sera 13 + 1, soit 14, et en admettant que la variabilité s'exerce ici encore sur une même échelle, les valeurs extrêmes seront devenues 10 et 18. Sur cette descendance nouvelle, nous pourrons exercer une troisième fois la sélection et vous voyez que, *si les diverses hypothèses que nous venons de faire sont vraies*, non seulement la sélection pourrait déplacer une fois la moyenne de la race, mais même elle serait capable, si on la renouvelle méthodiquement, de déplacer de plus en plus la moyenne, de déplacer même toute la courbe de variabilité, de la faire pour ainsi dire glisser dans un sens voulu, de l'amener à déborder graduellement ses limites anciennes et d'ouvrir ainsi de nouvelles possibilités au renforcement progressif de la moyenne. Il serait donc possible d'obtenir une descendance dont la moyenne serait supérieure même à la valeur extrême de la race initiale. Dans notre exemple, on pourrait obtenir une descendance de haricots où la valeur moyenne serait, par exemple, de 18 mm., et donc supérieure à l'extrême initial qui n'était que de 16 mm.

On voit clairement que la sélection déploierait ici une efficacité tout autre que lorsqu'elle s'exerce sur une mutation ou sur une nouveauté mendélienne ; loin de se borner à trier des formes toutes faites, ce serait

elle au contraire qui donnerait à la variabilité une impulsion continuelle, la déplacerait dans un sens souhaité et provoquerait vraiment la production de types nouveaux.

Voici donc une *seconde question* au sujet de la sélection de valeurs fluctuantes : quelle est, à l'égard du *développement des caractères*, l'efficacité d'une sélection *répétée ?* Cette question se subdivise en plusieurs autres : d'abord, à supposer que la sélection, accomplie une fois, pourrait déplacer la valeur moyenne d'une race, est-il vraiment possible de réaliser, par des sélections répétées, un déplacement graduellement plus marqué ? Ensuite, jusqu'où peut-on pousser ce déplacement ? Y a-t-il, d'abord, moyen de faire glisser, dans un sens voulu, toute l'amplitude de la variabilité, jusqu'à obtenir même, pour moyenne d'une race nouvelle, des valeurs supérieures — ou inférieures — aux valeurs extrêmes de la fluctuation initiale ? Et s'il en est ainsi, quand s'arrêtera ce mouvement d'ascension du caractère envisagé ? Va-t-il se heurter, tôt ou tard, à une limite infranchissable ?

Nous n'avons pas encore complètement défini le problème de la sélection. Il comporte en effet une *troisième question*, qui est de savoir si, à l'aide d'une *sélection répétée*, on peut arriver à *fixer définitivement* le caractère amélioré, à le rendre héréditairement stable, dans le degré que la sélection lui aurait fait atteindre. A supposer que nous ayons obtenu une descendance de haricots dont la valeur moyenne soit 16 ou 18, pourrons-nous, en répétant, longtemps s'il le faut, la sélection, arriver à rendre cette moyenne constante, en ce sens qu'elle se transmettrait, *sans le secours d'une nouvelle sélection*, à la descendance ultérieure ? En d'autres termes, la sélection répétée peut-elle arriver à produire des variétés nouvelles ou de

nouvelles espèces élémentaires, indépendantes désormais de la sélection?

La puissance d'une sélection unique; l'efficacité d'une sélection répétée, sur le développement des caractères; l'efficacité d'une sélection répétée, sur la fixation des types sélectionnés : tels sont donc les grands aspects du problème de la sélection, dans le cas d'une variabilité fluctuante.

Pour exposer clairement l'état actuel de la science au sujet de ces divers points, le mieux sera, je crois, de vous dire d'abord quelles réponses on donnait généralement, il y a une dizaine d'années, aux questions que nous avons définies et de vous montrer ensuite quels changements les expériences nouvelles ont forcé d'apporter à certaines de ces réponses.

B. *Les opinions, avant 1903, sur la sélection des valeurs fluctuantes*

Jusqu'il y a dix ans, on était d'accord pour admettre que les écarts de la variabilité fluctuante sont transmissibles, dans un certain degré, à la descendance et on donnait ainsi une réponse affirmative à notre première question. Plusieurs expériences avaient conduit les biologistes à cette conviction.

Nous n'exposerons, en manière d'exemple, que les recherches de Galton, parce qu'elles sont plus complètes que les autres. Le savant anglais expérimenta sur des pois de senteur, et le caractère dont il recherchait les manifestations héréditaires était le volume des graines : comme ces dernières sont à peu près sphériques, Galton put se contenter de tenir compte de leur diamètre.

S'étant donc procuré un assez grand nombre de graines, Galton les classe, d'après leur diamètre, en sept catégories. Le premier groupe comprend des

graines dont le diamètre mesure au moins 15 centièmes de pouce anglais, mais n'atteint pas 16 centièmes ; et ainsi de suite, de centième en centième, pour les autres catégories. C'est la dimension 18-19 qui représente la valeur moyenne.

Galton sème ensuite, en sept parcelles séparées, les sept catégories de graines. Les plantes qui en proviennent fournissent une nouvelle génération de graines que Galton recueille en sept lots et, dans chacun de ceux-ci, il recherche quelle est, pour le diamètre, la valeur moyenne. L'expérience de Galton, on le voit, était complète ; elle comportait en effet une sélection non seulement de variantes supérieures à la valeur moyenne, mais aussi de variantes inférieures à cette même moyenne. Le tableau indique le résultat de l'expérience.

Diamètre des graines semées	15	16	17	18	19	20	21
Moyenne du diamètre dans la descendance	15,3	16,0	15,6	16,3	16,0	17,3	17,5

On est d'abord surpris de constater que, au total, les valeurs moyennes des divers groupes de la descendance ont subi un abaissement par rapport aux dimensions des graines ensemencées ; cela s'observe même dans la descendance issue de la classe centrale parentale. Galton vit, à juste titre, dans ce phénomène, une suite de certaines conditions mauvaises de végétation. Cela ne met d'ailleurs aucun obstacle à l'étude des résultats. L'unique question en effet est de savoir si, la génération de graines qui est produite par la classe parentale 18 ayant une valeur moyenne donnée, soit 16,3, la génération issue de la classe 19 (variante en plus) possédera une valeur moyenne supérieure à

16,3, la génération issue de la classe 15 (variante en moins) montrant au contraire une valeur moyenne inférieure à 16,3; et ainsi de suite pour les autres classes de l'expérience.

Analysons à cet égard les résultats de l'expérience; pour les faire mieux apparaître nous pouvons, ainsi que fait Johannsen, écrire d'une autre façon les données numériques, en attribuant d'abord la valeur 100, d'un côté, à la dimension de la classe moyenne parentale et, de l'autre, à la valeur moyenne de la descendance issue de cette classe et en transformant ensuite proportionnellement les autres chiffres. Le tableau devient alors :

Diamètre des graines semées	83	89	94	**100**	106	111	117
Moyenne du diamètre dans la descendance	94	98	96	**100**	98	106	107

On voit tout de suite que, sauf pour la première classe à droite de la classe moyenne, les écarts sont transmis dans une certaine mesure ; on voit en d'autres termes que la valeur moyenne d'un caractère donné, dans la descendance issue d'une variante, se trouve située entre la valeur de cette variante et la valeur moyenne parentale. En d'autres termes encore, et c'est l'expression classique, la descendance issue d'une variante hérite une fraction de l'écart manifesté par cette variante et fait retour pour le reste à la moyenne parentale ; la variante 117 donne une descendance de valeur moyenne 107 ; l'écart, c'est-à-dire 17, est donc hérité pour sept dix-septièmes de sa valeur et il est réduit des neuf autres dix septièmes. C'est pourquoi Galton exprima ces faits dans une loi qu'il appela « du *retour ancestral* » : *des parents qui s'écartent, dans un sens donné, de la moyenne de la race, donnent*

une descendance qui s'écarte de la moyenne dans le même sens, mais en un degré moindre.

On alla plus loin dans l'étude de cette « loi » et on crut pouvoir établir que la fraction selon laquelle l'écart de fluctuation est hérité représente, pour chaque caractère envisagé, une constante. C'est ainsi que pour le pois de senteur, Galton admit que la fraction héréditaire est de 1/3. Il faut bien reconnaître que cette dernière conclusion ne ressort pas clairement des résultats numériques de l'expérience de Galton. Mais l'essentiel, pour l'étude de l'hérédité, était qu'on eût établi, semblait-il, la possibilité de déplacer dans une certaine mesure, par la sélection des variantes, la valeur moyenne d'une race : aussi l'accord était-il fait au sujet de la première question que nous avons définie, dans le problème de la sélection.

Notre seconde question concerne l'influence d'une sélection *répétée*, sur le développement graduel des caractères. A ce sujet, les avis n'étaient pas aussi unanimes : néanmoins, la plupart des sélectionneurs et des expérimentateurs s'accordaient sur deux conclusions. On admettait d'abord que la sélection répétée agit vraiment d'une façon cumulative et peut provoquer, dans le sens voulu par l'opérateur, non seulement un déplacement graduel de la moyenne, mais même un glissement progressif de toute l'aire de variabilité. Mais en même temps on admettait que ce déplacement ne peut se faire indéfiniment et qu'il se trouve bientôt définitivement arrêté.

Pour montrer sur quels fondements reposait la première de ces conclusions, nous exposerons les expériences de H. de Vries sur le maïs.

Dans l'épi de maïs, les grains sont disposés en rangées verticales ; le nombre de celles-ci, toujours pair, est soumis à la fluctuation. La variété étudiée

par de Vries possédait une valeur moyenne de 12 à 14 rangées, les nombres extrêmes étant 8 et 20. Dans le dessein d'obtenir une descendance dont la valeur moyenne s'élevât graduellement au-dessus de 14, de Vries poursuivit la sélection pendant sept années. En choisissant successivement des épis de plus en plus garnis de rangées, il obtint, à la fin, une descendance pour laquelle la valeur moyenne était de 20 rangées et atteignait ainsi la valeur extrême supérieure de la race initiale. Les extrêmes s'étaient eux-mêmes déplacés graduellement et étaient devenus 12 et 28.

Il semble assez clair ici que non seulement la moyenne a augmenté, mais que, de plus, il s'est produit un glissement de toute l'aire d'oscillation et que, donc, la sélection a réellement ouvert un champ nouveau à la variabilité.

Il faut toutefois noter dès maintenant que cette interprétation ne correspond pas complètement à celle que de Vries adoptait lui-même dès 1904. L'éminent professeur d'Amsterdam admet bien, il est vrai, que la moyenne s'est déplacée, mais il n'admet pas que la variabilité ait réellement augmenté et voici comment, sans recourir à un élargissement de la variabilité, il explique l'apparition d'une valeur extrême (28) supérieure à la valeur extrême de la culture initiale (20). Il est dans la nature de la fluctuation que les valeurs tout à fait extrêmes n'apparaissent que très rarement ; par suite, les chances de les voir se manifester sont d'autant plus grandes que l'expérience embrasse un plus grand nombre d'individus. Or, il y a deux façons d'étendre l'expérience à de nombreux individus : ou bien en établissant d'emblée la culture sur une très large échelle, ou bien en renouvelant, pendant plusieurs années, des cultures de moindre extension. Dans ce second cas, il pourra se faire que des valeurs extrêmes qui sont, dès le début de l'expérience, dans la « possibi-

lité » de la variabilité, n'apparaissent qu'après un certain nombre de cultures et on pourra croire, à un premier examen, qu'on a forcé la variabilité à franchir ses limites primitives ; mais il n'en est rien : ce qu'on a fait, c'est d'offrir, peu à peu, à une variabilité qui existait tout entière dès la première culture, un matériel suffisant pour qu'elle puisse se manifester dans toute son amplitude. C'est ainsi que de Vries explique l'apparition tardive de la valeur 28 dans son expérience.

Cette interprétation ingénieuse est la vraie. Elle ne représentait toutefois, il y a une dizaine d'années, qu'une opinion personnelle de son illustre auteur et, en dehors de lui, on admettait généralement que la sélection répétée est apte à provoquer, outre un déplacement de la moyenne, un déplacement concomitant de tout le cadre de la variabilité fluctuante et l'expérience de de Vries est un exemple des fondements sur lesquels reposait cette opinion.

L'accord était plus parfait sur le point de savoir si l'amélioration d'une race, par la sélection de variantes de fluctuation, peut se prolonger jusqu'à une distance très grande du point de départ ou si au contraire elle touche assez rapidement une barrière infranchissable. Dans l'interprétation de de Vries, que nous venons de rapporter, il n'y a pas de doute que la limite de la sélection doive être rapidement atteinte, puisque le déplacement de la moyenne ne peut se faire qu'à l'intérieur du cadre de la variabilité primitive. Mais même parmi ceux qui admettaient la possibilité de déplacer, par la sélection, les extrêmes d'une variabilité, il y avait unanimité à reconnaître qu'à partir d'un certain progrès réalisé, tout nouvel essai d'amélioration par sélection demeure infructueux et que cette limite est rapidement touchée. H. de Vries cite, entre autres, le cas de la sélection des pommes, où, en quelques générations, on réalise tout ce qu'il est possible de faire en ce qui

regarde l'accroissement de la taille et l'amélioration de la saveur ; on peut citer encore les cas de la carotte, du radis, de la betterave.

Il nous reste enfin à dire ce que l'on pensait, il y a une dizaine d'années, sur notre troisième question, à savoir la possibilité de « fixer » les améliorations obtenues par la sélection. Ici encore, les sélectionneurs étaient presque unanimes à admettre que les qualités d'une race améliorée ne peuvent se maintenir qu'au prix d'une sélection incessamment répétée. Si longtemps qu'ait duré la sélection, les « races » améliorées demeurent inconstantes et les vers de Virgile ont gardé toute leur vérité. Les exemples abondent ; qu'il suffise de citer celui de la betterave : la proportion de sucre s'y abaisse rapidement dès qu'on néglige de choisir les porte-graines.

Ce que nous venons d'exposer donnera une idée suffisante de l'état des opinions, il y a environ dix ans. En peu de mots, si les sélectionneurs ne reconnaissaient à la sélection qu'une action *limitée* et *instable*, ils lui attribuaient cependant une action *réelle*, puisqu'ils la jugeaient capable de déplacer la moyenne ; capable, étant répétée, de la déplacer graduellement ; capable enfin d'élargir toute la variabilité et de faire apparaître des formes nouvelles.

C. *Expériences récentes et vues nouvelles sur la sélection des valeurs fluctuantes*

Depuis une dizaine d'années, les idées se sont profondément modifiées au sujet de la sélection des fluctuations et c'est ce grand progrès scientifique qu'il me reste à vous faire voir.

Il y a plus de dix ans, à vrai dire, que certaines expériences auraient dû faire naître des doutes sur la

valeur des conceptions qui servaient de fondement aux méthodes usuelles de sélection. Nous voulons parler des recherches, à la fois très étendues et très soigneuses, que l'on a inaugurées, en 1886, à la station agricole de Svalöf, en Suède, dans le dessein d'améliorer les races de plantes cultivées et de produire des variétés nouvelles qui fussent adaptées aux différents sols et aux climats variés de la Suède. Dès 1893, les expériences de Svalöf avaient abouti à des conclusions fort importantes et qui restreignaient notablement le pouvoir de la sélection. Mais, rédigés en suédois, les mémoires de Svalöf demeurèrent forcément ignorés en dehors de leur pays d'origine. Leurs résultats commencèrent à être connus à partir du moment où H. de Vries publia, en allemand, une notice à leur sujet (1).

En parcourant l'histoire des expériences réalisées à Svalöf, nous verrons comment la lumière allait se faisant graduellement sur le problème de la sélection, jusqu'à ce qu'elle éclatât définitivement dans les expériences plus précises encore de Johannsen, en 1903.

De 1886 à 1890, tous les essais d'amélioration des races cultivées, poursuivis à Svalöf, s'inspirèrent des conceptions alors en honneur au sujet de la sélection : on partait de cette idée, qu'en sélectionnant, sans relâche, au sein de la variabilité considérable que manifestaient à Svalöf les récoltes de céréales, on pourrait provoquer le développement graduel de *tout caractère reconnu utile* et obtenir ainsi toutes les variétés que réclamaient les besoins de la culture. On s'efforçait donc de caractériser, dans une récolte donnée, un certain nombre de types différents, par exemple, des plantes à grains plus nombreux, des plantes à grains plus lourds, des plantes à paille plus

(1) Nous nous sommes surtout servi de l'article de H. de Vries : *Aeltere und neuere Selektionsmethoden*, Biol. Centralb., 1906.

résistante, des plantes à maturité plus précoce, et ainsi de suite ; on recueillait, pour chacun des types, un lot de graines et ces divers lots étaient semés sur autant de parcelles distinctes. Dans chacun des types, ceci est important pour comprendre la suite de notre exposé, les graines destinées à l'ensemencement étaient recueillies, non pas sur une plante unique, mais sur quelques-unes des plantes qui semblaient être, par rapport au caractère envisagé, tout à fait semblables. C'était la méthode, pratiquée surtout en Allemagne, de la « sélection en masse », la « Massenauslese ». Mais elle se trouvait employée, à Svalöf, avec une perfection technique qu'elle n'avait jamais connue jusque là et qui eût dû en assurer le succès, si le succès avait été possible.

Or, en dépit de ces raffinements opératoires, et bien que les cultures fussent fort étendues, la plupart des essais d'amélioration demeurèrent totalement infructueux. On réussit bien à mettre sur pied un petit nombre de variétés utiles, qui obtinrent, dans le commerce, un grand succès. Mais pour la plupart des améliorations et des « accommodations » que l'on travaillait à obtenir, il fut impossible de déplacer la moyenne des caractères envisagés et de renforcer ainsi les qualités de la race.

Ce résultat marquait *une première étape* dans l'étude précise de la sélection, à savoir qu'il n'était donc pas vrai que l'on pût, à l'aide de la sélection, développer, dans un sens désiré, n'importe quelle qualité fluctuante. Les expériences demeuraient néanmoins incomplètes ; il fallait maintenant trouver la véritable raison de leur insuccès presque total et aussi l'explication de leur succès partiel.

Ce furent les travaux du directeur actuel de la station, M. Hjalmar Nilsson, qui apportèrent sur ce point les premiers éclaircissements. Nilsson comprit qu'il fallait, avant de songer à produire des variétés utiles, s'efforcer de démêler, en expérimentant sur une grande

échelle, les lois de la variabilité et de l'hérédité dans les races cultivées. C'est à quoi il s'appliqua, mais ce fut néanmoins une circonstance fortuite qui le mit sur le chemin de la vérité.

En 1890, Nilsson discerna, dans les variétés de céréales cultivées en Suède, environ un millier de types un peu différents les uns des autres. Il recueillit des graines pour chacun des types et les sema en autant de parcelles distinctes. Encore dominé par les principes de l'ancienne méthode, ce fut sur plusieurs plantes à la fois que Nilsson recueillit les graines de chacun des types, hormis toutefois pour un petit nombre d'entre eux, dont chacun ne se trouvait représenté dans la récolte que par une seule plante. Ces détails avaient été notés soigneusement par l'expérimentateur et lui fournirent la clef de la véritable interprétation.

L'année suivante, en effet, à l'époque de la moisson, Nilsson constata que, sur toutes les parcelles qui avaient reçu des graines tirées de plusieurs plantes à la fois, la récolte apparaissait tout à fait hétérogène et présentait un mélange de plantes fort diverses, sans répéter, même en ordre principal, le type apparemment unique qui avait fourni la semence. Au contraire, sur chacune des rares parcelles qui avaient été ensemencées à l'aide de graines fournies par une plante unique, la récolte était parfaitement homogène, tellement homogène qu'il n'y avait plus moyen d'y discerner des variantes qui eussent fourni matière à une nouvelle sélection.

Cette relation entre les allures de la récolte et le procédé employé pour recueillir les graines de semence ne pouvait s'expliquer par une rencontre fortuite : il semblait évident que si les parcelles du premier groupe montraient une descendance à ce point bariolée, c'était précisément parce que les graines qu'on y avait jetées provenaient de plusieurs plantes, en apparence semblables, il est vrai, mais en apparence seulement ; et

c'était au contraire pour avoir reçu des semences issues d'une plante unique que chacune des parcelles du second groupe portait une récolte uniforme. Cela posait un *second jalon* dans l'étude de la sélection, en démontrant la nécessité de la *sélection individuelle*, c'est-à-dire que la semence de sélection doit être recueillie sur un seul individu. Ce principe avait d'ailleurs été déjà affirmé et mis en pratique par divers expérimentateurs ; Louis de Vilmorin surtout l'avait clairement énoncé, et c'est à son nom, entre autres, que ce principe doit rester lié pour l'histoire.

La démonstration expérimentale de ce principe permit à Nilsson de poursuivre ses recherches sur une nouvelle base. En 1892, il ensemença 2000 parcelles, chacune ne recevant que les graines d'une plante unique. L'année suivante, les résultats, bien que conformes à l'attente de Nilsson, ne laissèrent pas d'être fort remarquables. C'était maintenant la plupart des parcelles, et non plus seulement quelques-unes, qui portaient une récolte homogène, au sein de laquelle il était encore une fois impossible d'opérer une vraie sélection. Par exemple, sur 422 parcelles ensemencées d'avoine, 397 portèrent une récolte uniforme et 25 seulement une récolte mêlée.

La conclusion paraissait s'imposer : chacune des récoltes homogènes correspondait à une race pure et par conséquent les nombreux types démêlés par Nilsson constituaient autant de variétés ou d'espèces élémentaires distinctes. Pour s'en assurer, Nilsson poursuivit, durant quelques années, la culture isolée de ses différents types, et il constata que, malgré l'absence de sélection, *tous se maintinrent constants*.

Ces expériences nouvelles de Nilsson non seulement démontraient définitivement la nécessité d'une sélection individuelle, mais encore faisaient franchir une *étape ultérieure* à la question de la sélection. Elles établis-

saient, d'abord, ce fait fondamental que les anciennes races cultivées de céréales n'étaient pas, ainsi qu'on le pensait jusque là, des races vraiment unes, mais qu'elles se composaient au contraire d'un mélange de types indépendants, héréditairement constants ; en d'autres termes, les prétendues races de la culture étaient, à cette époque, un mélange d'espèces élémentaires ou de variétés, réellement distinctes les unes des autres. La variabilité extrême des céréales n'était donc pas, comme on le croyait, une manifestation de la variabilité fluctuante, dans le sens précis que nous avons défini plus haut, mais représentait un vrai polymorphisme. Or, cela étant, il devenait d'abord facile d'expliquer les résultats variés obtenus auparavant à Svalöf par Nilsson lui-même et par ses devanciers. En recueillant sur plusieurs plantes que l'on juge semblables, les graines destinées à chacune des parcelles, on s'expose inévitablement à mélanger des graines qui en réalité appartiennent à des types différents. Il était donc naturel que les parcelles qui étaient ensemencées d'après ce procédé montrassent une récolte mêlée. Si les premiers travailleurs de Svalöf ont néanmoins, en dépit de leur sélection globale, réussi à découvrir quelques races uniformes, c'est que, dans ces cas, ils ont fini, grâce à un hasard heureux, par isoler de tout mélange des graines issues d'un seul type.

En outre, il devenait clair que, dans le cas des céréales, la sélection ne fait que trier, qu'isoler des types qui préalablement existent tout constitués au sein d'une culture mélangée.

Enfin, en établissant que les variétés, une fois isolées, demeurent constantes, les expériences de Nilsson démontraient que la sélection, du moins dans le cas des céréales, déploie du premier coup toute son efficacité, par un choix effectué une fois pour toutes. Aussi, au

principe de la *sélection individuelle*, fallait-il ajouter un second principe, celui de la *sélection unique*.

Par ce dernier point, les expériences de Nilsson semblaient entamer la loi de Galton. En effet, si cette loi était vraie, il faudrait que, les espèces élémentaires de céréales une fois isolées d'un mélange où elles se trouvaient confondues, il y eût encore moyen de les améliorer en tirant parti de leur variabilité fluctuante. Or, cela était contredit par les résultats de Nilsson. Seulement, il faut rappeler que, d'après Nilsson lui-même, la récolte de ses parcelles manifestait une homogénéité si parfaite qu'elle ne donnait prise à aucune sélection nouvelle. La variabilité fluctuante s'y trouvait, selon toute probabilité, réduite à l'extrême et on pouvait penser que l'opposition entre les résultats de Nilsson et ceux de Galton provenait précisément de ce que ce dernier avait opéré sur une fluctuation plus ample. Il fallait donc de nouvelles recherches sur un autre matériel, sujet à une variabilité plus étendue. Ce fut Johannsen, professeur à Copenhague, qui les entreprit et apporta des résultats définitifs en 1903. Il importe d'ailleurs d'ajouter que, trois ans auparavant, la « redécouverte » des lois et des travaux de Mendel avait introduit, dans l'étude des phénomènes d'hérédité, une rigueur de méthode toute nouvelle. Chose digne de remarque, Johannsen, au moment où il commença ses expériences, n'avait aucun doute concernant la vérité de la loi de Galton et son but était d'y apporter des précisions nouvelles. Les résultats de ses recherches furent tout autres.

Le problème que Johannsen se proposait de résoudre n'était autre que celui de Galton : c'était de déterminer dans quelle mesure des parents qui s'écartent, pour un caractère donné, de la valeur moyenne de leur race,

transmettent, à leurs descendants, cet écart lui-même. Mais Johannsen adopta une méhode d'expérimentation bien plus rigoureuse que celle de Galton et qui le conduisit à des résultats bien plus précis.

De tout ce que nous avons vu jusqu'ici il s'ensuit que, pour arriver à des conclusions légitimes, au sujet de la sélection, il est indispensable d'expérimenter sur une race vraiment unique et non pas sur un mélange d'espèces élémentaires, analogue à celui que Nilsson avait démêlé dans les races de céréales. Sinon, croyant isoler, pour l'ensemencement, les diverses valeurs d'une unique série fluctuante, ce sont autant de types élémentaires distincts que l'on aura peut-être triés et, comme ces types se maintiennent fidèlement dans la descendance, on en déduira, à tort, que les différentes variantes d'une série fluctuante se sont transmises par hérédité. Mais cette première précaution ne suffit pas : il faut en outre, contrairement à ce que pratiquait Galton et conformément au principe de Vilmorin, de de Vries et de Nilsson, ne recueillir que *sur une plante unique* les graines qui seront le point de départ de l'expérience. Cela implique que les plantes sur lesquelles on expérimente peuvent former leurs graines par fécondation directe.

Ces principes nous permettront de comprendre les expériences de Johannsen. Disons, avant tout, que l'auteur donne le nom de *lignées pures* à toute la descendance qui, en des générations successives, provient avec l'intervention exclusive de la fécondation directe, de graines recueillies sur une plante unique ; il réserve le nom de *population* à un ensemble de plantes dont on ne connaît pas la généalogie.

C'est sur le haricot, variété princesse, que Johannsen expérimente et le caractère dont il veut étudier la transmission héréditaire est le *poids* de la graine.

Le savant danois sème d'abord 19 graines, récoltées sur autant de plantes diverses après fécondation

directe : il obtient ainsi 19 lignées pures. Dans chaque lignée, la fluctuation se montre très nette à l'égard du caractère envisagé, le poids des graines, et il est donc possible ici d'étudier la transmissibilité des diverses variantes d'une série fluctuante. Disons tout de suite que l'auteur fut amené à constater que la valeur moyenne du poids des graines n'était pas la même pour toutes les lignées (v. plus loin le tableau qui résume l'expérience de Johannsen, dernière colonne à droite).

Voici maintenant comment Johannsen conduit son expérience : nous le montrerons en prenant comme exemple la lignée II. Toutes les graines que cette lignée produit en 1901, sont réparties d'après leur poids, en quatre classes, marquées chacune par un « jeu » de 10 centigrammes ; cela veut dire que la première classe comprend des graines dont le poids est d'au moins 40 centigrammes et n'atteint pas 50 centigrammes, et ainsi de suite pour les autres classes (de 50 à 60 centigrammes, de 60 à 70, de 70 à 80). Ces quatre lots de graines sont semés sur autant de parcelles distinctes. En 1902, Johannsen récolte les graines produites par les plantes de chacune des parcelles et il calcule alors deux choses : en premier lieu, il établit la valeur moyenne du poids pour les graines recueillies sur chacune des parcelles ; en second lieu, il calcule la valeur moyenne du poids pour tout l'ensemble des graines produites, en 1902, par toute la lignée II, c'est-à-dire par les quatre lots qui la composent. Le but de ce double calcul est de constater si, par exemple, la moyenne de la descendance issue des graines dont le poids est de 70 à 80 centigrammes, se trouve elle-même supérieure à la moyenne de la descendance issue des autres semences et à la moyenne de toute la descendance ou si, au contraire, les descendances issues des diverses classes de semence montrent une valeur moyenne sensiblement uniforme et qui représente donc

la valeur moyenne de toute la lignée. Pour chacune des 19 lignées, Johannsen expérimente de la même façon.

LES LIGNÉES PURES	POIDS DES GRAINES SEMÉES						MOYENNE DE CHAQUE LIGNÉE
	20	30	40	50	60	70	
I	—	—	—	—	63,1	64,9	64,2
II	—	—	57,2	54,9	56,5	55,5	55,8
III	—	—	—	56,4	56,6	54,4	55,4
IV	—	—	—	54,2	53,6	56,6	54,8
V	—	—	52,8	49,2	—	50,2	51,2
VI	—	53,5	50,8	—	42,5	—	50,6
VII	45,9	—	49,5	—	48,2	—	49,2
VIII	—	49,0	49,1	47,5	—	—	48,9
IX	—	48,5	—	47,9	—	—	48,2
X	—	42,1	46,7	46,9	—	—	46,5
XI	—	45,2	45,4	46,2	—	—	45,5
XII	49,6	—	—	45,1	44,0	—	45,5
XIII	—	47,5	45,0	45,1	45,8	—	45,4
XIV	—	45,4	46,9	—	42,8	—	45,3
XV	46,9	—	—	44,6	45,0	—	45,0
XVI	—	45,9	44,1	41,0	—	—	44,6
XVII	44,0	—	42,4	—	—	—	42,8
XVIII	41,0	40,7	40,8	—	—	—	40,8
XIX	—	35,8	34,8	—	—	—	35,1

Analysons maintenant les résultats de cette expérience : dans le tableau ci-joint, on trouve, sur le même rang horizontal que chacun des chiffres romains de lignée, une série de chiffres qui donnent la valeur moyenne de la descendance, pour chacun des lots de semences indiqués au sommet du tableau.

Dans la lignée XI, la loi de Galton paraît observée dans une certaine mesure : les graines pesant 30 cgr. et celles qui en pèsent 40 ont fourni des descendances dont la valeur moyenne (45,2 et 45,4) est inférieure à la valeur moyenne de la descendance issue du lot de

graines pesant 50 (46,2) et inférieure en même temps à la valeur moyenne de toute la lignée (45,5). Inversement, les graines pesant 50 ont fourni une descendance dont la moyenne est supérieure à la moyenne de toute la lignée. Des phénomènes du même genre s'observent pour la lignée I.

Mais, d'autre part, les allures des lignées restantes montrent clairement que cette concordance des lignées I et XI avec la loi de Galton ne saurait être qu'accidentelle. Dans la lignée X, d'abord, on voit que les graines pesant 40 — poids inférieur au poids moyen, 46,5 — donnent une descendance dont la moyenne est supérieure à la moyenne de la lignée. Ce sont surtout les autres lignées qui offrent des résultats frappants. Ou bien, en effet, il n'y a aucun moyen de les rapprocher de la loi de Galton (lignée II) ou bien ils vont même jusqu'à paraître suivre une loi inverse (lignées VI, VIII, IX, XII, XVI, XVII, XVIII, XIX).

On voit donc que ce n'est pas une loi analogue à celle de Galton qui se dégage de cette expérience, et il faut même dépasser cette conclusion négative. Si on envisage, dans leur ensemble, les résultats qui se trouvent consignés dans le tableau de Johannsen, un trait commun se découvre assez clairement à travers leur apparente irrégularité, à savoir que, dans une même lignée pure, le poids des graines choisies pour être semées *n'a pas d'influence sur la valeur moyenne du poids dans la descendance* qui provient de ces graines : c'est une même valeur moyenne qui tend à se manifester dans chacun des divers groupes dont se compose la descendance totale de la lignée. Cette expérience de Johannsen démontre donc que, chez le haricot du moins, lorsqu'on expérimente sur *une lignée pure*, c'est-à-dire dans les seules conditions qui prémunissent complètement la race contre tout mélange et contre tout croise-

ment, *on ne peut, par une première sélection, déplacer la valeur moyenne d'un caractère.*

Il fallait, pour assurer définitivement le bien fondé de cette conclusion, renouveler l'expérience à plusieurs reprises. On aurait d'ailleurs pu objecter à Johannsen, — et, de fait, on n'y a pas manqué — que, peut-être, pour donner le branle au glissement de la moyenne, la sélection doit être répétée durant plusieurs générations successives.

Johannsen prolongea donc son expérience pendant six années. Comme il eût été impossible de suivre la destinée de chacune des 19 lignées, Johannsen choisit 3 lignées auxquelles il appliqua la sélection. A chaque génération, il choisit, pour la semence, les graines les plus lourdes et les graines les plus légères. Or, les résultats ne démentirent jamais les enseignements de sa première récolte et leur conférèrent au contraire une valeur définitive : en dépit de la sélection, même répétée, la moyenne se maintint constante.

Placé tout à la fois devant les résultats de Johannsen et devant ceux de Galton, le lecteur pourrait penser qu'il y a là une contradiction irréductible et refuser de donner son adhésion à l'un des deux expérimentateurs plutôt qu'à l'autre. Mais Johannsen a montré — et ce n'est pas son moindre mérite — que ses propres observations peuvent parfaitement se concilier avec les résultats de Galton : il suffit, pour cela, d'admettre que Galton a opéré, non pas sur une lignée pure, mais sur un *mélange de lignées pures*, caractérisées par des moyennes différentes ; la sélection, dans ses mains, a donc consisté tout simplement à isoler, du sein d'un mélange, des types déjà tout constitués, et c'est ainsi qu'il a pu obtenir réellement des valeurs moyennes différentes dans les divers groupes de la descendance,

sans qu'il faille admettre que la sélection a déplacé la moyenne primitive.

Cette interprétation de Johannsen au sujet des résultats de Galton mérite d'être bien établie, car elle fournit l'explication de plusieurs essais fructueux de sélection. Avant tout, une objection se présente qu'il faut écarter : Galton a constaté, dans l'ensemble des graines qui lui ont servi de point de départ, une série continue parfaite de variabilité à l'égard de la dimension des graines ; or cela ne démontre-t-il pas que toutes ces graines appartenaient bien à une lignée unique, se manifestant par une unique série de Quételet, et non pas à des lignées différentes, dont les diverses variabilités, en se mélangeant, ne sauraient, semble-t-il, constituer une unique série de Quételet ?

Cette objection a été prévue et dissipée par Johannsen. Le savant danois a montré que si on mélange des graines de plusieurs lignées, caractérisées chacune par une moyenne propre, on peut, dans certains cas du moins, constater que tout l'ensemble des graines compose lui-même une série de Quételet unique, absolument comme s'il ne s'agissait que d'une seule lignée pure. Sans entrer dans les calculs par lesquels Johannsen établit cette possibilité, nous préférons la rendre tangible à l'aide d'une figure empruntée à Johannsen lui-même (1).

La fig. III, en *a*, montre, pour le haricot, la répartition des graines d'une *lignée*, d'après leurs dimensions, en dix classes : celles-ci sont logées dans dix récipients. On reconnaît aisément la disposition d'une variabilité fluctuante. En *b*, se trouve représentée la répartition des graines dans une seconde lignée, dont la valeur moyenne est inférieure à celle de la première et

(1) Johannsen. *The genotype conception of Heredity* : AMERICAN NATURALIST, vol. XLV, 1911.

correspond à la dimension des graines qui, dans celle-là, occupent le second rang, à gauche de la classe moyenne. Dans la figure, la rangée *b* est déplacée vers la gauche, de façon à superposer, de la rangée *a* à la rangée *b*, les récipients qui contiennent des graines de même dimension. Dans la rangée *c*, une troisième lignée est représentée, dont la valeur extrême inférieure est égale à la valeur moyenne de la lignée *b*, et dont la valeur moyenne est égale à la valeur extrême supérieure de la lignée *a*. La rangée *c* est déplacée vers la droite, de façon à superposer, de *a* à *b* et à *c*, les classes de dimension identique. La même chose est réalisée pour une quatrième et une cinquième lignée, en *d* et en *e*.

La rangée *f* ne représente pas une lignée spéciale : elle montre ce que l'on obtient si l'on réunit, dans un même récipient, toutes les graines de dimension identique qui appartiennent aux cinq lignées et si on range ensuite les récipients d'après les dimensions croissantes des graines ; la rangée *f* est disposée de telle façon que chacune des classes y représente la somme des classes qui, dans les cinq lignées pures, lui sont superposées.

Or, on constate que la rangée *f*, bien que correspondant à une « population » mélangée, où cinq lignées différentes se trouvent confondues, montre néanmoins une série unique de Quételet qui n'est pas plus irrégulière que celles des lignées pures. Il n'est donc pas vrai que la présence d'une série unique de Quételet, dans le matériel de Galton, suffise à démontrer que ce matériel était *homogène* et provenait d'une unique lignée. Et voilà un premier point acquis, en faveur de l'interprétation proposée par Johannsen pour les résultats de Galton.

Voyons maintenant si, en sélectionnant au sein d'une population semblable à celle de la rangée *f*, nous pourrons observer des phénomènes d'hérédité analogues à ceux qu'énonce la loi du retour ancestral. Un seul

exemple suffira à montrer qu'il en est bien ainsi. Supposons que dans la population *f*, nous semions les graines de la 12me classe, qui sont d'une dimension

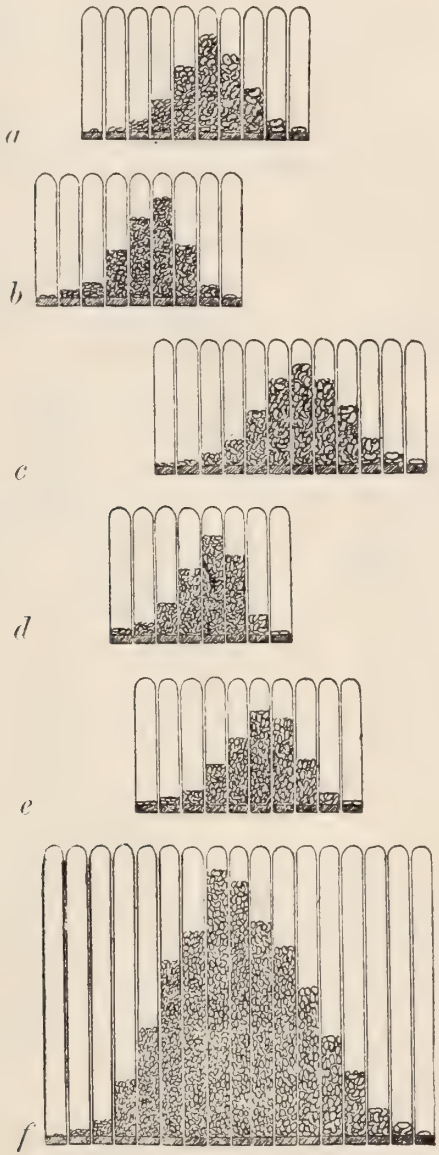

Fig. III.

supérieure à la valeur moyenne de la population. Ce que nous semons en réalité, c'est un *mélange* de graines appartenant à diverses lignées, les lignées *a*, *c* et *e*, toutes trois superposées à la classe 12 de la rangée *f*. Or la lignée *c* possède une moyenne supérieure à celle de la population *f* et identique précisément à la valeur que nous avons choisie pour la semence ; les graines qui, dans la classe 12 de la population *f*, appartiennent à la lignée *c*, tendront donc, d'après les expériences de Johannsen, à maintenir dans leur descendance une moyenne égale à la valeur sélectionnée elle-même. — La lignée *e* possède une valeur moyenne intermédiaire entre la moyenne de la population *f* et la valeur sélectionnée. C'est cette valeur intermédiaire que les graines de la lignée *e*, qui font partie de la semence, tendront à maintenir dans leur descendance. — Enfin, les graines de la lignée *a*, qui font partie de la semence, transmettront une valeur moyenne égale précisément à la moyenne de la population *f*. L'influence de chacun des trois lots de graines dont se compose le mélange que nous avons semé dépendra évidemment de la proportion dans laquelle ils contribuent au mélange, cette influence allant décroissant du lot *c* au lot *e* et au lot *a*.

Quelle doit être, d'après tout cela, la valeur moyenne de la descendance issue de notre semence mêlée ? Le lot de graines *c* tendant à la faire égale à la valeur sélectionnée, les deux lots *a* et *e* tendant au contraire à la ramener vers la moyenne de la population *f*, elle occupera donc une situation intermédiaire entre ces deux valeurs. Or, c'est ce que comporte la loi de Galton ; on voit donc que les effets de la sélection, au sein d'une population mixte, peuvent simuler un *déplacement* de la moyenne, alors qu'il ne s'agit que d'un *triage* des lignées diverses qui se trouvaient mélangées dans la population.

Il n'y a pas de doute, semble-t-il, qu'il faut expliquer

de cette façon les résultats de Galton pour le pois de senteur. Galton, en effet, ne s'est pas inquiété d'établir des lignées pures et si Johannsen a pu démêler, dans le haricot, des moyennes différentes, d'après les diverses lignées, il est évident que la même chose doit exister pour le pois de senteur. En tout cas, il faut reconnaître que les expériences de Galton ont été faites sans les précautions qui seraient nécessaires pour légitimer une conclusion ; que celles de Johannsen, au contraire, ont été entourées de toutes les garanties indispensables et qu'elles donnent donc, en ce qui concerne le haricot, une réponse définitive à la première question que nous avons énoncée au sujet de la sélection : *dans une lignée pure, la sélection est incapable de déplacer la valeur moyenne.*

S'il en est ainsi, les autres questions qui concernent l'œuvre de la sélection ne se posent même plus, pour le haricot. Il ne peut plus s'agir ici, évidemment, ni de déplacer *graduellement* la moyenne par des sélections successives, ni de rendre stable le déplacement réalisé.

Le problème est donc résolu pour le haricot, mais peut-on en étendre la solution aux autres espèces végétales ? Pour répondre à cette question, nous examinerons brièvement, d'abord, quelques expériences qui confirment celles de Johannsen, puis d'autres qui paraissent les contredire.

Les conclusions du Professeur de Copenhague trouvent avant tout une éclatante confirmation dans les recherches de Svalöf : ou plutôt il faut dire que la démonstration, commencée à Svalöf, a trouvé son couronnement dans les travaux de Johannsen.

Depuis que ce dernier a fait connaître ses premiers résultats (1903 et 1906), trop peu d'années se sont écoulées pour que le nombre des confirmations puisse être bien considérable. Fruwirth cite cependant déjà

ses propres expériences sur le pois, celles de Krarup sur l'avoine, celles de Nilsson-Ehle sur la même céréale : poursuivies les unes et les autres pendant plusieurs années, elles ont confirmé pleinement les conclusions de Johannsen. Johannsen lui-même cite, entre autres expériences, celles de De Bruycker sur *calliopsis tinctoria*, celles de Shull et de East sur le maïs, celles de Lodewijks et de Jensen sur le tabac. D'autres auteurs enfin, sans se prononcer définitivement, inclinent du moins à adopter les vues de Johannsen : tels sont von Rümker et Beseler, qui ont expérimenté sur le froment.

Pour dire, en passant, un mot des animaux, citons les expériences de Jennings sur les infusoires et surtout celles que Pearl a faites sur les poules, au point de vue de la production des œufs.

Voici enfin le cas le plus intéressant, celui des froments cultivés par la célèbre maison Vilmorin, à Verrières, près de Paris. Nous avons déjà rappelé plus haut que c'est à Louis de Vilmorin, l'un des fondateurs de cette maison, que revient le mérite d'avoir le premier mis en évidence le principe de la *sélection individuelle*.

A partir des années 1837 à 1855, Louis de Vilmorin commença à cultiver de nombreuses variétés de froment, en prenant pour point de départ de chacune d'elles un épi unique. Puis il pratiqua, d'année en année, une sélection strictement individuelle, en choisissant chaque fois un épi unique, qui montrât le meilleur développement du caractère spécial de chaque variété. Les successeurs de L. de Vilmorin ont poursuivi, jusqu'à l'heure actuelle, la culture de ces froments, dans les mêmes conditions de sélection rigoureuse. Cette expérience, on le voit, est disposée à souhait pour étudier les effets de la sélection, puisque chacune des variétés de froment se trouve, depuis environ 60 ans, cultivée en lignée pure et que la sélection s'est répétée chaque

année, durant tout ce temps, dans une même direction.

Or, il y a quelques années, une heureuse découverte permit de tirer de cette longue expérience tous les enseignements qu'elle renferme. Louis de Vilmorin avait pris soin, de 1837 à 1855, de recueillir un épi caractéristique de chacune des variétés qu'il mettait en culture, mais la collection-type qu'il avait ainsi rassemblée fut délaissée dans des tiroirs. Ce n'est qu'en 1911 que l'attention fut appelée de nouveau sur elle.

Cette collection constituait un document d'une valeur inappréciable et qui allait permettre de comparer l'état où se trouvaient les variétés, au moment où la sélection avait débuté, avec l'état qu'elles avaient atteint, après 60 ans de sélection en lignée pure. Or, on constata que pour chacune des variétés, les épis de 1911 étaient identiques à ceux des cultures initiales. On ne pourrait souhaiter une plus éloquente confirmation des résultats de Johannsen (1).

A la suite de ces confirmations répétées, on a vu grandir le nombre des biologistes qui refusent à la sélection toute efficacité, lorsqu'elle s'exerce en lignée pure et, par conséquent, sur une véritable variabilité fluctuante. On cite cependant, avons-nous dit, des expériences qui paraissent contredire cette thèse et qui, d'autre part, ne sont pas susceptibles de s'expliquer de la même manière que le cas de Galton. Nous n'en mentionnerons ici qu'une seule, parce qu'elle est très « représentative » et qu'elle nous permettra d'exposer un nouveau principe d'interprétation en la matière. Vous connaissez déjà l'expérience dont il s'agit : c'est

(1) Ces constatations sur le froment n'avaient pas encore été publiées au moment où nous avons donné notre conférence. Nous venons de les lire dans l'article de P. de Vilmorin : *Fixité des races de froment ;* COMPTES RENDUS DE LA IVe CONFÉRENCE INTERNATIONALE DE GÉNÉTIQUE, Paris, 1913, et dans l'article de Hagedoorn A. L. et Hagedoorn A. C. : *Studies on variation and selection*, ZEITS. F. INDUKT. ABSTAMMUNGS- UND VERERBUNGSLEHRE, XI, 3, 1914. Ces deux travaux sont accompagnés de photographies.

celle de H. de Vries, qui, par une sélection de 7 années, a fait passer la moyenne des rangées, dans l'épi de maïs, du nombre 12-14 au nombre 20. Nous avons déjà dit que pour H. de Vries lui-même, l'expérience ne comporte pas réellement un déplacement de toute l'aire de variabilité, mais qu'il s'agit cependant bien, à son avis, d'un *déplacement graduel de la moyenne*, dans le cadre de la variabilité initiale ; et c'est cela qui s'oppose aux conclusions de Johannsen : la sélection répétée aurait ici pour effet non seulement de déplacer une fois la moyenne, mais de la déplacer *de plus en plus* jusqu'à une certaine limite. Aussi H. de Vries semble-t-il admettre, dans ses dernières publications (1), qu'il faut distinguer deux sortes de cas, en ce qui regarde l'influence de la sélection : les uns où la variabilité ne s'exerce qu'entre des limites fort rapprochées et ceux-là, de Vries les considère comme soustraits à l'influence de la sélection ; d'autres, au contraire, où la variabilité, se déployant sur une plus large échelle, donnerait vraiment prise, même en lignée pure, à une sélection limitée : le maïs et la betterave rentreraient dans ce second type.

Ce qui semble donner du poids à l'expérience de de Vries sur le maïs, c'est que l'auteur est parti d'un seul épi et n'a donc pas mélangé des lignées. Malgré cela, nous pensons que cette expérience n'est pas démonstrative contre la thèse de Johannsen. Il faut remarquer d'abord que le maïs est sujet à la fécondation croisée : il n'est donc pas improbable que l'épi sélectionné ait enfermé en lui, par l'effet de croisements antérieurs, réalisés entre lignées différentes, un certain nombre de tendances héréditaires diverses, en ce qui regarde le nombre des rangées. Le déplacement apparent de la moyenne aurait ainsi pu traduire, en réalité,

(1) H. de Vries, *Die Mutationen in der Erblichkeitslehre*, Berlin, 1912 ; *Gruppenweise Artenbildung*, Berlin, 1913.

une simple dissociation mendélienne de ces diverses tendances héréditaires. Et cela s'accorderait parfaitement avec cette idée de de Vries, que les extrêmes de la variabilité ne sont pas réellement déplacés par la sélection.

En outre, et surtout, ainsi que le fait remarquer Johannsen, de Vries insiste, à plusieurs reprises, sur ceci, que la sélection s'accompagne souvent d'une meilleure alimentation. Or, il est assez naturel d'admettre que, si des conditions de nutrition plus favorables agissent sur la plante en développement, si elles agissent en outre sur les graines en formation et les rendent plus robustes, aptes par conséquent à donner des plantes plus vigoureuses, ces conditions pourront, en ajoutant leurs effets d'année en année, provoquer l'apparition d'un plus grand nombre de rangées. L'amélioration des épis serait donc un effet du surcroît de nutrition, mais ne supposerait aucune modification dans les tendances héréditaires de la race.

Nous pensons donc qu'on peut étendre à tous les végétaux la conclusion qui se dégage des cas les mieux étudiés, à savoir que la valeur moyenne d'une série fluctuante, au sein d'une lignée pure, ne peut pas être déplacée par la sélection. L'œuvre de la sélection, s'exerçant sur une variabilité fluctuante, en lignée pure, est non seulement instable, non seulement limitée ; elle est tout à fait inefficace.

Je vous aurais toutefois inspiré, touchant l'état actuel du problème de la sélection, une appréciation étroite et erronée, si, au terme de cette conférence, je vous laissais sous l'impression de la conclusion négative que je viens d'énoncer. En regard de celle-là et pour la compléter, il nous faut placer une conclusion bien positive. Les recherches sur la sélection ont, en effet, établi — et c'est un de leurs plus précieux résultats — que nos

races cultivées, non moins que certaines espèces sauvages, peuvent embrasser un mélange de *types constants*, souvent très nombreux, qui offrent, au choix de l'homme, un matériel très riche.

Les modes de variabilité qui ont donné et donnent naissance à ces types divers ne peuvent être — abstraction faite des caractères acquis — que la mutation et le croisement, mendélien ou autre. Nous savons d'ailleurs que le croisement peut, au gré de l'expérimentateur, donner origine à de nombreuses nouveautés.

Voici donc la conclusion positive qu'il faut retenir, c'est que si la sélection artificielle demeure impuissante à l'endroit de la variabilité fluctuante des lignées pures, elle trouve en tout cas largement, dans la mutation et les résultats des croisements, les nouveautés requises pour perfectionner les races cultivées. Aussi, faut-il que désormais, en cette matière, les efforts des expérimentateurs se portent sur l'étude des mutations et sur l'étude des croisements.

V. Grégoire,
Professeur à l'Université de Louvain.

LE GOLD POINT

THÉORIE ET PRATIQUE

M. Hartley Withers, qui fut pendant de longues années le correspondant monétaire du TIMES, et dont les études approfondies complètent heureusement les travaux des Goschen et des Clare sur la difficile matière des changes étrangers, exposait récemment à ses auditeurs de l'Institute of Bankers de Londres, la théorie et la pratique des changes étrangers, dans des termes que je me permets de rappeler, tant ils paraissent adéquats (1) :

« En Angleterre, disait-il, la circulation monétaire, réserve faite d'une faible quantité de monnaies d'appoint, est composée tout entière d'or ou de papier convertible en or, immédiatement et sans difficulté.

» Si nous traversons la mer, nous constatons que la monnaie en circulation chez d'autres peuples, n'a pas le privilège incontesté et tout naturel en Angleterre, de pouvoir être convertie en or.

» Aucune des principales nations commerçantes n'assume la tâche de donner à quiconque possédant un titre donnant droit à une certaine somme de monnaie, la faculté de la convertibilité en or s'il le désire.

» En France, la Banque de France peut rembourser ses billets en pièces de cinq francs, qui ne sont pas

(1) Hartley Withers, *Money changing — an introduction to foreign exchange*, pages 5 et suivantes. London, 1913.

exportables en dehors de l'Union latine, et souvent elle protège sa réserve d'or par le fait si simple d'exiger une telle prime sur l'or qu'on ne peut exporter ce métal.

» En Allemagne, le droit d'obtenir de l'or est établi en théorie, mais il n'existe en fait, que lorsque cela convient au pays. Sur le papier, les billets de banque de la Reichsbank sont convertibles en or à première présentation. Il n'y a que ceux qui en ont fait l'expérience qui peuvent dire à quels artifices la Reichsbank a recours pour refuser les demandes d'or, quand tel est son désir. La preuve tangible que certains artifices sont employés, réside dans ce fait que le cours du change à Berlin monte beaucoup au-dessus du point où il est préférable d'envoyer de l'or de Berlin à Londres, sans que pour cela il arrive du métal jaune sur ce dernier marché. Il faut en conclure que l'or ne peut s'obtenir ou, tout au moins, que les intelligents et adroits banquiers allemands trouvent plus prudent de renoncer au profit qu'ils pourraient réaliser. Un système identique se rencontre dans la plupart des pays d'Europe. Ils ont le mono-métallisme établi plus ou moins sur le papier, mais ils ne paient leurs billets en or que lorsqu'ils le veulent bien.

» En théorie, le pair intrinsèque du souverain anglais est (à Paris) de 25,22 et le prix du transport de Londres à Paris est d'environ 8 centimes ; donc si le change sur Londres s'élevait à plus de 25,30 à Paris, les banquiers parisiens enverraient immédiatement de l'or à Londres, et ils vendraient à Paris l'argent anglais ainsi obtenu. Donc, le change ne pourrait s'élever à plus de 25,30, augmenté d'une petite fraction qui constituerait le bénéfice des banquiers. Les économistes affirment souvent que tel est actuellement le cas et ils formulent généralement une loi disant que les frais d'envoi d'un marché financier à un autre déterminent

les gold points au-dessus desquels le change ne peut monter, et au-dessous desquels il ne peut tomber.

» Toutefois, dans la pratique actuelle, le mécanisme des changes étrangers ne fonctionne pas avec cette douce simplicité ! En fait, le gold point théorique est seulement le point auquel il est préférable d'envoyer de l'or que d'acheter un chèque, à condition que vous puissiez obtenir l'or. Et il a déjà été exposé que l'Angleterre est la seule contrée dans laquelle la possession d'un droit à une certaine quantité de monnaie implique la certitude de pouvoir le transformer immédiatement en or. Et c'est ainsi que nous constatons qu'il est parfaitement possible de ne pas voir arriver la moindre parcelle d'or à Londres, et cela malgré que le cours du change sur Londres soit arrivé à l'étranger à un point où il serait plus économique d'envoyer de l'or plutôt que d'acheter des traites. Pourquoi ? Parce qu'il n'est pas possible d'obtenir de l'or. En novembre 1912, le cours du change à Berlin atteignit et dépassa pendant quelques semaines le point de sortie des espèces. Conformément à la théorie, Londres aurait également dû recevoir à cette même époque, de l'or d'Autriche et de Russie, mais en fait, il n'en arriva pas pour la valeur d'un schelling. C'est ce qui inspirait au rédacteur du STATIST (numéro du 16 novembre 1912), ces judicieuses réflexions :

« Il est un fait que les changes continuent à être dé-
» favorables à l'Allemagne, à l'Autriche et à la Russie,
» et qu'ils le sont déjà depuis longtemps. Et d'autre
» part, c'est également un fait avéré, que l'or n'est pas
» retiré des banques d'État et envoyé à l'étranger. Ceci
» démontre combien fort est le pouvoir de ces banques
» d'État dans leurs pays respectifs ; et ceci démontre
» également combien la façon qu'ont les économistes
» d'envisager les questions financières, est générale-
» ment différente de la réalité. Si les individus agissaient

» toujours suivant leurs intérêts pécuniaires, l'or sortirait à présent de Russie, d'Allemagne et d'Autriche-Hongrie. Mais les Gouvernements de ces trois pays se sont opposés à de semblables exportations. Les Banques d'État soutiennent toujours la politique du Gouvernement et les sujets craignent de mécontenter ces grandes et puissantes institutions ».

De tout quoi il résulte que la théorie suivant laquelle le cours du change ne peut monter au-dessus du point où il est préférable d'envoyer de l'or plutôt que d'acheter une traite, ne trouve son application qu'en Angleterre, et cela parce qu'à Londres existe un marché libre de l'or, condition indispensable. Telle est la conviction à laquelle il faut aboutir après un examen objectif des faits.

L'existence d'un marché d'or à Londres tient à des raisons historiques, économiques et politiques (1).

Dès 1816, l'Angleterre fut au régime de l'étalon d'or, et elle fut seule à l'avoir jusqu'en 1875, lorsque l'Allemagne et les États Scandinaves abandonnèrent définitivement l'étalon d'argent et passèrent à l'étalon d'or; il devait en résulter une situation éminemment favorable pour la formation et le développement d'un marché libre d'or à Londres. Par après, et malgré l'adoption de l'étalon d'or par d'autres États, cette situation acquise fut notablement renforcée par ce fait que plusieurs des principaux centres de mines d'or se trouvent sous la dépendance politique et économique de la Grande-Bretagne.

En effet, parmi les puissances politiques qui possèdent dans leur domaine des gîtes aurifères, le premier rang

(1) Hartley Withers déjà cité, p. 155 et suivantes.

F. Koch. *Der Londoner Goldverkehr*. Stuttgart, 1905.

G. Roulleau. *La production et les mouvements internationaux des métaux précieux au début du XXe Siècle*. JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ DE STATISTIQUE DE PARIS, février 1912, p. 70 et suivantes. Les éléments statistiques mentionnés dans cette étude ont été empruntés au si consciencieux et brillant exposé que M. Roulleau a fait, en 1912, à la Société de Statistique de Paris.

revient sans conteste possible à l'Empire Britannique, qui, avec l'Afrique du Sud, l'Australie, le Canada, l'Inde et quelques centres secondaires, a fourni à lui seul au monde, de 1901 à 1910 inclus, 11.275 millions de francs d'or, c'est-à-dire 57 % de l'extraction totale. Viennent ensuite les États-Unis avec 4537 millions ou 23 %, puis la Russie avec 1344 millions ou 7 %.

La prépondérance de l'Empire Britannique à ce point de vue est donc très favorable à la situation de Londres comme marché libre de l'or, les colonies anglaises trouvant dans leur métropole un débouché naturel pour le trop plein de leur production, et les autres centres ne produisant guère au delà de leurs besoins respectifs.

En effet, toutes compensations faites, la plus grande partie de l'or extrait du sol des États-Unis a été employée pour les besoins intérieurs de l'Union. Il en est de même de la Russie qui, en face d'une production de 1344 millions, inscrit pour l'encaisse de la Banque de l'État, un accroissement de 1500 millions : la production nationale n'a donc pas été suffisante et il a fallu importer en achetant de l'or à Londres ; il faut noter que la Russie possède une législation minière spéciale en vertu de laquelle tout l'or extrait de ses mines doit passer dans les affineries officielles. Tout exploitant est tenu de remettre sa production à l'Administration des Mines, qui lui délivre en échange des bons ou assignovki ; après affinage ou monnayage, l'or est restitué sous la présentation des assignovki. En pratique, la majeure partie de ces bons est remise à la Banque de l'État, qui en donne crédit au présentateur et reçoit ensuite pour son propre compte l'or en lingots ou en monnaies.

Le Transvaal, l'Australie et l'Inde sont donc les trois régions qui alimentent presque exclusivement le marché de Londres. Au total, il est arrivé sur le

marché libre de Londres, durant la période décennale de 1901 à 1910, 7688 millions d'or de provenance presque exclusivement britannique, soit 39 % de la production mondiale.

En résumé, les mouvements d'or en lingots sur le marché libre de Londres, de 1901 à 1910, peuvent être évalués comme suit :

Entrées	*Millions de francs*
Importations de l'Afrique du Sud . .	5397
— de l'Australie . . .	953
— de l'Inde	894
— des autres pays . . .	439
Total :	7683

Sorties	*Millions de francs*
Achats de la Banque d'Anglerre . . . (dont 2368 envoyés au monnayage et 189 réexportés aux États-Unis)	2708
Exportations en France.	1800
— dans l'Europe Centrale .	1000
— en Russie.	300
— aux États-Unis	550
— dans l'Inde	1018
— dans divers pays. . . .	43
Total . . .	7419

L'excédent des entrées sur les sorties, soit 269 millions, a contribué à alimenter la consommation industrielle anglaise.

Que sont devenus les 2708 millions d'or en lingots achetés par la Banque d'Angleterre et monnayés en souverains à concurrence de 2368 millions ? Comme l'encaisse de la Banque durant cette même période n'a augmenté que de 71 millions (en passant de 720 millions au 31 décembre 1900 à 791 millions au 31 décembre

1910), la presque totalité de l'or acheté par la Banque d'Angleterre a été remise en circulation, sous forme de souverains à concurrence de 2638 millions ; seulement la plus grande partie de ce qui a été remis en circulation est passée à l'étranger. C'est ce qui résulte des renseignements publiés quotidiennement par la Banque d'Angleterre, au sujet des montants des entrées et sorties d'or de la Banque. Si ces entrées et ces sorties ne constituent pas, à beaucoup près, la totalité des mouvements d'or entre le Royaume Uni et l'étranger ; si, d'autre part, la provenance et la destination du métal ne sont pas toujours indiquées avec précision, on y trouve cependant l'indication des grands courants de numéraire qui aboutissent au marché de Londres ou s'en éloignent. Pour les dix dernières années, ces mouvements se résument comme suit :

		Entrées	*Sorties*
		millions de francs	
Monnaies anglaises	Amérique du Sud	62	1.403
	Égypte, Inde et Australie	1.126	1.338
	États-Unis	2	31
	France	119	190
	Autres pays européens	170	175
	Turquie	13	166
	Pays divers	68	226
		1.560	3.529
Monnaies étrangères		588	294
		2.148	3.823

L'excédent des sorties sur les entrées de monnaies anglaises, qui est de 2069 millions, explique l'usage qu'a fait la Banque d'Angleterre des 2368 millions qui sont sortis de ses caisses.

Après avoir établi l'importance et l'origine du Gold Market de Londres, voyons maintenant comment il fonctionne, et quelle est son influence sur la politique de la Banque d'Angleterre.

Le Bullion Market se compose de trois ou quatre firmes qui spécialisent le commerce de l'or et de l'argent, et il est surtout alimenté par les arrivages hebdomadaires d'or brut venant des mines du Transvaal, par le paquebot du Cap, qui arrive chaque samedi à Southampton. A son arrivée, l'or est immédiatement envoyé par train à Londres, où il reste déposé à la Banque d'Angleterre (safe deposit) jusqu'au lundi matin. Il est alors pris par un affineur, qui l'a acheté de la Banque Sud-Africaine, au profit de laquelle l'or était consigné.

L'affinage de l'or comporte des opérations chimiques assez délicates, et les firmes qui s'en occupent, gardent jalousement à l'abri des indiscrets, les procédés de fabrication ; elles ne sont pas très nombreuses et elles sont très anciennes ; la firme Johnson, Matthey and Cᵉ, Limited, que j'ai visitée a été fondée il y a trois siècles, et elle travaille annuellement de 20 à 30 millions de Livres.

L'or est présenté sur le Bullion Market par un Bullion broker pour compte de l'affineur, et il est vendu au plus offrant : il est remis à ce dernier ou réembarqué si l'acheteur est étranger, aussitôt que l'opération d'affinage est terminée. S'il n'y a pas d'acheteur sur le marché pour le tout ou pour partie, l'affineur vend le lingot standard à la Banque d'Angleterre, qui le paie par un chèque sur elle-même. Il y a deux acheteurs dont la demande est constante, et qui retiennent toujours une partie de chaque chargement : ce sont l'Inde et le Commerce.

L'Inde, parce qu'elle a été de tous temps le réceptacle où viennent s'engouffrer les métaux précieux,

Autrefois elle absorba des quantités considérables de métal blanc (pièces de cinq francs) : aujourd'hui que le prix de la roupie est stabilisé, et qu'elle est en fait au régime de l'étalon d'or, c'est l'or qu'elle attire souvent dans de très fortes proportions.

Quant au commerce, ce sont ce que j'appellerai les marchands de demi-gros qui sont régulièrement acheteurs d'or pour les orfèvres-joailliers, dentistes, etc.

Les autres acheteurs sont ordinairement les agents des banques étrangères qui désirent de l'or, parce qu'il y a bénéfice à envoyer de l'or comme un objet de commerce, ou pour d'autres raisons.

Depuis quelques années, certaines des Joint Stocks Banks acquièrent également de l'or en barres, l'achetant quand il est bon marché et le vendant quand le prix augmente, comme cela arrive en temps de forte demande.

L'or en barres ne peut pas tomber en-dessous de 77 sh. 9 d. par once, parce qu'à ce prix, la Banque d'Angleterre est obligée par la loi d'acheter tout montant qui lui est offert.

La valeur de l'or en barres transformé en souverains est de 77 sh. 10 1 2 l'once, et tout le monde peut en faire opérer gratuitement la transformation à ce taux, étant donné que l'État prend les frais de frappe à sa charge. Mais comme le monnayage demande du temps et entraîne des pertes d'intérêt, les propriétaires des lingots préfèrent les vendre à la Banque d'Angleterre au prix moins élevé de 77 sh. 9 d., la différence de 1 1 2 d. étant au profit de la Banque d'Angleterre comme indemnité.

Il est souvent écrit dans les traités que l'once d'or ne peut pas dépasser 77 sh. 10 1 2, parce qu'au-dessus de ce prix, les acheteurs ont intérêt à présenter des billets en remboursement à la Banque d'Angleterre, afin d'obtenir en échange des souverains en or. Mais

en pratique, le prix des lingots monte parfois à 78 sh. l'once, parce que les lingots sont considérés comme plus commodes pour l'exportation que les souverains.

Durant ces dernières années, la Banque d'Angleterre, quand elle l'a jugé nécessaire, s'est présentée elle-même comme compétiteur sur le marché, en offrant un prix plus élevé, mais en allant rarement au-dessus de 77 sh. 9 1 8 l'once, prix qui comprend la commission du bullion broker et les prix d'essai et d'affinage.

Quand les cours des changes étrangers atteignent le point de sortie auquel il est profitable d'exporter de l'or (d'après l'Economist : France 4 ‰, Allemagne 5 ‰, New-York 8 ‰), le montant de l'arrivage *hebdomadaire* d'or en barres (800 000 Livres sterling en moyenne pour 1912, soit 20 millions de francs) est toujours vivement sollicité par le marché de l'escompte et par quiconque est intéressé au prix de la monnaie.

Par contre, s'il n'y a pas d'acheteur étranger qui prenne l'or à plus de 77 sh. 9 d. l'once, les lingots moins le stock prélevé par l'Inde et le Commerce, vont à la Banque d'Angleterre, dont la réserve se trouve ainsi fortifiée.

Il résulte de cet exposé, que l'on ne vient demander de l'or à la Banque d'Angleterre que lorsque le marché libre est épuisé, et c'est pourquoi la circonstance que Londres est le centre du commerce international de l'or, doit être considérée comme une sorte de défense pour les réserves métalliques de la Banque d'Angleterre.

M. Schumacher, l'éminent professeur d'économie politique à l'Université de Bonn, a écrit fort justement « que c'est par suite de l'existence d'un marché libre qui attire tout l'or disponible, que Londres peut envoyer en tout temps de l'or à l'étranger ; le marché libre d'or que l'Angleterre domine, doit être considéré comme un tampon entre les demandes d'or de l'étranger et

l'encaisse or de la Banque d'Angleterre. Une demande d'or ne réagit pas immédiatement sur l'institut d'émission, et elle commence seulement à devenir sensible lorsque le stock qui se trouve sur le marché libre est épuisé » (1).

Dans ces conditions, ne m'est-il pas permis de conclure que le fait qu'il existe un marché d'or à deux pas de la Banque d'Angleterre facilite singulièrement sa politique empressée en matière de remboursement des billets ? L'encaisse de la Banque d'Angleterre n'est, il est vrai, pas très élevée, mais elle est constamment refournie ; il n'est pas difficile de donner de l'or sans compter quand on sait que des steamers voguent constamment vers l'Angleterre, lui apportant une forte partie de la production des principaux centres aurifères du globe.

Les Allemands s'en sont si bien rendu compte qu'au sein de la Bank Enquete de 1908, plusieurs membres ont vivement préconisé la création d'un « free gold market » à Berlin.

« Je considère comme un grand désavantage pour l'Allemagne, disait M. Fischel, de la Banque Mendelssohn, que dans la répartition de la production mondiale de l'or, nous soyons moins favorablement situés que d'autres pays, et spécialement l'Angleterre. Nous avons à faire face à de plus grands frais, parce que nous sommes en dehors du mouvement et éloignés des sources de production ; et de fait, l'or ne nous vient pas directement. Nous ne pouvons pas éviter ce désavantage, pas plus que nous ne pouvons empêcher l'Angleterre de jouir des avantages naturels résultant de la concentration de la production de l'or sur son propre marché. Londres est destiné à rester le princi-

(1) R. Schumacher, *Weltwirtschaftliche Studien. Die Deutsche Geldverfassung und ihre Reform.* Leipzig, 1911, p. 81.

pal marché de l'or, et la Banque d'Angleterre sera toujours incontestablement en situation de se procurer du métal, et d'obtenir ce qui est offert, en payant, si c'est nécessaire, un prix plus élevé. »

Selon M. Fischel, il est de grande importance que les entrées d'or soient régulières et continues. Il faudrait que l'Allemagne reçût plus d'or qu'il n'en est nécessaire pour les besoins de la Reichsbank et de la circulation intérieure : cela seul lui permettrait de fournir de l'or à une série d'autres pays (États Scandinaves, Autriche-Hongrie, Suisse), vis-à-vis desquels, par suite de sa situation plus centrale, Berlin est plus accessible que Londres : en d'autres termes, concluait-il, l'idéal serait qu'il fût créé à Berlin un second marché d'or à l'instar de celui de Londres, de même que pour le coton, Brème a réussi à rivaliser avec Liverpool (1).

Les Allemands ont beaucoup fait, mais sans grand succès, pour créer chez eux un marché libre d'or. Ils ont réussi à recevoir directement de l'or des États-Unis et de l'Orient, mais seulement, dans ces contrées, la quantité disponible est peu élevée. Vis-à-vis du Transvaal, le principal centre de production disponible, ils n'ont pas réussi, et cela malgré la possession de 15 % des actions des mines du Witwatersrand ; la Woerman Linie a essayé de faire la concurrence à la Union Castle Line, en abaissant les frais de transport, pour faire venir de l'or directement à Hambourg, mais cette tentative n'a pas eu de succès.

On comprend dès lors pourquoi les grandes banques continentales, ainsi qu'il a été précédemment exposé, sont si parcimonieuses de leur or, et pourquoi, en fait, la parfaite convertibilité des billets, quand il s'agit du

(1) *German Bank Inquiry. National Monetary Commission.* Washington, 1910, p. 450 à 458.

drainage pour l'exportation, rencontre partout des entraves que d'aucuns ont si vivement critiquées en les qualifiant de petits moyens, peu dignes d'un grand établissement de crédit. On peut le regretter, mais les faits sont partout les mêmes et leur impérieuse exigence est telle que dans presque tous les pays, ils sont souvent aux prises avec les principes.

N'est-il pas évident que si le bateau courrier du Congo, qui arrive toutes les trois semaines à Anvers, débarquait chaque fois une vingtaine de millions de francs en or, immédiatement versés à la succursale de la Banque Nationale, celle-ci, bientôt encombrée par cette masse d'or, la mettrait volontiers en circulation et l'utiliserait pour les paiements étrangers ?

D'après les arrivages des mines d'or congolaises durant l'année courante, il est permis de présumer un rendement de 10 millions d'or environ par an ; qui sait ce que l'avenir nous réserve ? Il y a trente ans, il n'était pas question des mines du Transvaal ; en 1887, la production totale du Witwatersrand était de 894 kilogrammes d'or, d'une valeur de 3.079.000 frs et 24 ans plus tard, en 1911, la valeur totale de l'or extrait en une année, atteignait environ 800 millions de francs ! (1)

(1) Administration des Monnaies et Médailles. *Rapport du Ministre des Finances*, p. 241. Paris. Imprimerie Nationale.

Production de l'or du Witwatersrand (Transvaal).

	Kilogr.		*Kilogr.*
1887 (8 derniers mois)	894	1900 (8 derniers mois)	12.297
1888	5.918	1901	7.433
1889	9.829	1902	52.611
1890	12.682	1903	88.938
1891	18.688	1904	113.643
1892	31.159	1905	146.384
1893	37.981	1906	172.918
1894	50.939	1907	193.500
1895	57.989	1908	210.957
1896	57.760	1909	218.938
1897	77.494	1910	224.800
1898	110.814	1911	245.614
1899	104.508		

Nous obtenons ainsi un total de 2 264 688 kilogrammes.

La future production d'or de notre Colonie pourrait donc présenter une grande importance au point de vue de la constante alimentation de l'encaisse métallique de la Banque et de l'amélioration de la situation monétaire du pays.

Il appartient à nos prospecteurs et ingénieurs de découvrir ce nouveau Pactole !

D'aucuns ont qualifié la politique des banques continentales de sagesse à courte vue, et ont proposé d'y substituer l'entr' aide des banques basée sur une vraie solidarité monétaire internationale. Malheureusement, la question se complique par des difficultés d'ordre politique. Dans beaucoup de pays, l'encaisse métallique de la Banque centrale est considérée comme une sorte de Trésor d'État, dont le montant constitue un facteur politique important. On oppose même les encaisses des banques de la Triple Entente à celles de la Triple Alliance. Certains disent que ces raisons politiques sont médiocres. C'est possible et chacun souhaiterait leur disparition. Mais entretemps on est bien obligé d'en tenir compte, et l'on comprend que les gouvernements responsables et pleinement au courant de la politique internationale donnent des instructions aux instituts d'émission afin d'éviter l'affaiblissement des réserves métalliques.

Telles sont les diverses raisons pour lesquelles la théorie du Gold point est si souvent démentie par les faits. Pour s'en convaincre, il suffit de parcourir les cotes des changes étrangers.

La raison en est bien simple et je la résume comme conclusion de cette étude :

« Le Gold point est seulement le prix de la monnaie métallique à partir duquel il en coûte moins cher d'envoyer celle-ci à l'étranger que d'acheter un chèque à la condition que l'on puisse obtenir de l'or. »

Albert E. Janssen,
Professeur à l'École des Sciences politiques
de l'Université de Louvain.

LE ROLE DE L'ENCÉPHALE

DANS

LA FONCTION SENSORIELLE (1)

Appelé pour la seconde fois à l'honneur de vous adresser la parole, l'idée m'était d'abord venue de vous entretenir de quelques-uns des résultats auxquels m'ont conduit mes recherches personnelles sur la cytologie nerveuse ; mais à la réflexion, je me suis dit que ce serait là sans doute un sujet beaucoup trop spécial pour la plupart d'entre vous et de nature à intéresser tout au plus quelques-uns de ceux, s'il s'en trouve, qui ont eu et la possibilité et le goût de se faire de la pratique du laboratoire une occupation constante et aimée.

Parmi les sujets plus abordables qui s'offraient à moi, je n'avais que l'embarras du choix, mais un embarras bien réel. En m'exprimant à plusieurs reprises le désir de me voir traiter devant vous des questions de science biologique en relation avec la philosophie, votre distingué Secrétaire avait encore laissé à mon initiative, et à mon indécision, une assez large carrière. Pourquoi donc, en fin de compte, me suis-je déterminé à vous parler du rôle sensoriel de l'encéphale ? Parce que ce sujet m'intéresse ?... Assurément ! et de cet aveu spontané, je me persuade bien

(1) Conférence faite à la section des *Sciences Médicales* de la *Société scientifique*, le 29 janvier 1914.

que vous ne me ferez point grief ; mais une considération beaucoup moins égoïste a guidé aussi mon choix. Je ne connais pas, en effet, de question mitoyenne entre les sciences biologiques et la philosophie, qui soit plus intimement liée que la question sensorielle au progrès de nos connaissances anatomo-physiologiques. Liaison si étroite même, que la pensée pourrait peut-être vous venir de vous demander pourquoi je parle ici de question mitoyenne, et s'il ne serait pas plus exact d'affirmer que la sensorialité est tout entière, et doit rester, d'ordre biologique. Je suis parfaitement de cet avis, et c'est même cette persuasion qui me donne le courage d'aborder devant vous un pareil sujet, car j'avoue, sans la moindre peine, n'avoir aucune compétence particulière à vous parler philosophie. Oui, à mon sens, la fonction sensorielle est bien du domaine strict de la biologie, s'il s'agit d'une question de droit. Le phénomène de sensorialité, en effet, est un phénomène essentiellement organique, et comme tel, la connaissance de sa constitution intrinsèque et immédiate ne relève pas de la philosophie, dont ni l'objet formel, qui est la connaissance des choses dans leurs aspects suprasensibles, ni la méthode, qui est tout autre que celle des sciences d'observation, ne saurait lui créer de titre à une semblable étude. En fait, pourtant, il y a une philosophie du phénomène sensoriel, comme il y a une philosophie de tout, le phénomène sensoriel pouvant se prêter, comme tout le reste, à une explication ultra-biologique, par la considération des premières causes et des premiers principes. Mais avant de tenter de l'expliquer ainsi, il faut tout d'abord le connaître, savoir ce qu'il est dans son essence même, c'est-à-dire dans ses constitutifs anatomiques et physiologiques. Cette connaissance primordiale, il va de soi, vous semble-t-il, que la philosophie la demande aux sciences spéciales dont l'objet est précisément de déter-

miner la nature et les conditions des phénomènes de ce genre. Malheureusement, ayant déjà fourni son explication transcendante bien avant que les sciences naturelles se fussent constituées telles que nous les voyons aujourd'hui, et son explication d'autrefois ne s'adaptant qu'assez gauchement, ce qui ne peut paraître étrange, aux données scientifiques actuelles, il était naturel aussi, la philosophie étant une science humaine, qu'elle tentât, plutôt que d'abandonner la solution devenue traditionnelle, de plier à cette solution la conception organique du phénomène. De là son intrusion dans des questions qui, jusqu'à une certaine limite, sont et devraient rester d'ordre purement biologique.

On a bien prétendu, il est vrai, pouvoir établir une théorie de la sensorialité sans le secours des données expérimentales de la biologie, et c'est une position chère encore à quelques philosophes ; mais ce point de vue est de plus en plus abandonné. On s'est vite aperçu, en effet, qu'à vouloir discuter une question de vie essentiellement organique, sans s'occuper de la constitution anatomique et des caractères fonctionnels des organes, tels que l'observation nous les révèle, c'était se mettre dans des conditions de raisonnement particulièrement périlleuses, parce qu'elles sont illogiques. Aussi bien n'est-ce plus chose rare, depuis quelques années, d'entendre de la bouche même des philosophes les plus chaleureuses déclarations en faveur de ces sciences biologiques qu'on nous avait presque habitués à considérer comme l'ennemi né de la philosophie.

Il y a bien pourtant quelques réserves à faire. Tel auteur, par exemple, se demande, dans sa préface, s'il serait, par hasard, « impossible de joindre, dans un même Cours, les principes de la philosophie traditionnelle à l'érudition la mieux avertie (1) », et il répond

(1) Levesque, *Précis de Philosophie*, I, *Psychologie*, 1912, p. 11.

hardiment qu'il ne l'a pas cru. Il a parfaitement raison, s'il entend par principes de la philosophie traditionnelle les grandes idées directrices de la philosophie scolastique ; mais je suis beaucoup moins sûr que lui que l'accord soit possible, s'il s'agit de certaines théories, comme il en existe sur la connaissance sensorielle, qui sont bien, hélas ! traditionnelles, mais qu'une érudition, même très peu avertie, ne permet plus de soutenir.

Malheureusement, les déclarations, si chaudes qu'elles soient, ne sauraient tenir lieu des actes, et quelques œuvres philosophiques récentes, en témoignant d'une nescience biologique profonde, ne donnent que trop l'impression qu'il n'y a vraiment pas encore grand'chose de modifié dans l'érudition avertie de la philosophie.

Ni vous, ni moi, ne changerons rien à cet état de choses, et le monde n'en ira certainement ni plus mal, ni mieux. Du moins est-il intéressant, et utile, de connaître avec le plus de précision possible comment se présente le problème, du seul point de vue biologique, et comment nous devons, biologiquement, le trancher. Dans ce but, il ne sera peut-être pas hors de propos de vous rappeler brièvement quelques notions préliminaires.

La sensation, entendue dans son sens le plus général, est une *modification subjective consciente*. Quand nous disons que nous avons la conscience sensible d'une sensation, il faut donc avoir grand soin de faire observer que cette conscience sensible n'est pas distincte de la sensation elle-même : elle la constitue intrinsèquement.

La sensation est quelque chose de conscient. C'est un phénomène *senti*, et de là vient précisément le terme de *sensation*. D'ailleurs, toute sensation actuelle est un mode actuel de connaissance, de connaissance

de la modification du sujet tout d'abord, puis, quelquefois, de la cause initiale de cette modification ; or une connaissance actuelle est nécessairement consciente. Celui qui a une sensation, se rend compte qu'il éprouve quelque chose, et par conséquent en a conscience, car on ne se rend pas compte de ce dont on n'a pas conscience. Parler de sensation non sentie, de sensation qui n'est pas une connaissance, serait donc énoncer une proposition absolument incompréhensible et contradictoire dans ses termes mêmes. Cela n'empêche pas, d'ailleurs, qu'il n'y ait des degrés dans la sensation, que la sensation ne soit plus ou moins vague ou plus ou moins nette, plus ou moins vive ou plus ou moins obtuse, pleinement consciente ou subconsciente, mais consciente encore, car subconscient n'est pas un synonyme d'inconscient.

Une sensation est un état senti, une façon d'être spéciale consciente, déterminée normalement, dans une faculté sensorielle, par l'action préalable d'un agent, spécifique ou général, sur la terminaison réceptrice d'une voie nerveuse affectée au service de cette faculté. Une sensation, en tant que sensation, se termine donc à la conscience d'un fait subjectif : je me perçois modifié, je me sens modifié, j'ai une sensation. La perception de l'objet dont l'action a été le point de départ de ma sensation, suppose cette sensation, en dérive, mais n'entre pas dans sa constitution essentielle.

Ces observations faites, il me semble que l'on peut établir solidement les trois points suivants :

1° que l'encéphale intervient dans l'exercice de la faculté sensorielle, tout au moins comme condition absolument nécessaire ;

2° que l'encéphale doit même être regardé, à l'exclusion absolue et des organes périphériques et des voies centripètes, comme le siège de la sensation proprement dite ;

3° que la doctrine de la localisation des éléments sensoriels encéphaliques, considérée dans ce qu'elle a d'essentiel, est fondée sur des bases inébranlables.

I

L'ENCÉPHALE INTERVIENT DANS L'EXERCICE DE LA FONCTION SENSORIELLE, TOUT AU MOINS COMME CONDITION ABSOLUMENT NÉCESSAIRE

La preuve en est que chez l'animal et chez l'homme, à la lésion de certaines parties de l'encéphale correspondent toujours, soit l'affaiblissement, soit la perte absolue de certaines, ou même de toutes les sensations.

Le déficit sensoriel consécutif aux dégâts anatomiques est évidemment en relation avec la gravité de la lésion, avec la région encéphalique endommagée, avec l'animal considéré.

C'est sur ce dernier point que je voudrais tout d'abord attirer votre attention.

Vous vous êtes peut-être demandé pourquoi je parle de la nécessité de l'encéphale, et non pas de la nécessité du cerveau. C'est que ce terme de *cerveau*, bien qu'il puisse s'entendre de toute la masse nerveuse qui remplit la boîte crânienne, est souvent employé pour désigner les seuls hémisphères cérébraux. Or, dire dans ce sens que le cerveau est nécessaire à l'exercice de la fonction sensorielle, ne serait pas vrai de tous les vertébrés, puisqu'il en est, comme les poissons osseux, qui ne possèdent pas d'hémisphères cérébraux, ou chez qui, du moins, la mince lame de substance nerveuse qui tient lieu d'hémisphères, est absolument dépourvue d'écorce grise. Les sensations qui, par exemple, chez l'homme, utilisent des éléments cellulaires corticaux, auront donc leurs organes propres placés ailleurs chez les poissons osseux : soit dans les lobes optiques, ou

tubercules bijumeaux, similaires des tubercules quadrijumeaux des vertébrés supérieurs, soit dans le ganglion basal, homologue des corps striés. Affirmer, sans restriction, que les hémisphères cérébraux n'interviennent pas dans les processus de sensorialité, parce qu'une lésion siégeant dans cet endroit, chez les poissons osseux, n'entraîne aucun déficit sensoriel, serait témoigner d'une ignorance anatomique regrettable.

Pour une lésion donnée les troubles psychiques seront donc en rapport avec l'animal soumis à l'observation ; mais ce qu'il sera toujours vrai de dire, c'est que l'exercice de la fonction sensorielle requiert absolument l'existence d'éléments anatomiques spéciaux dont le siège est toujours, chez les vertébrés, en quelque endroit de la masse nerveuse encéphalique.

Fig. 1. — Section médiane antéro-postérieure de l'encéphale (d'après L. Hirschfeld)

Une coupe médiane antéro-postérieure de l'encéphale, figure 1, vous remettra utilement peut-être sous les yeux les parties principales de la substance nerveuse intra-crânienne : hémisphère cérébral, cervelet, tubercules quadrijumeaux, protubérance annulaire, bulbe.

La figure 2, qui représente une coupe frontale, met en évidence, dans chacun des hémisphères cérébraux, ce qu'on appelle les ganglions de la base, ou noyaux gris sous-corticaux : couche optique, *c. o.*, et corps striés (noyau lenticulaire, *n. l.*, noyau caudé, *n. c.*, et avant-mur, *a. m.*).

J'ai dit que certaines lésions encéphaliques pouvaient entraîner la perte absolue de toutes les sensations. Il n'est pas nécessaire, pour cela, que tous les organes nerveux intra-crâniens aient disparu. L'expérience, chez les animaux, permet de déterminer ceux de ces

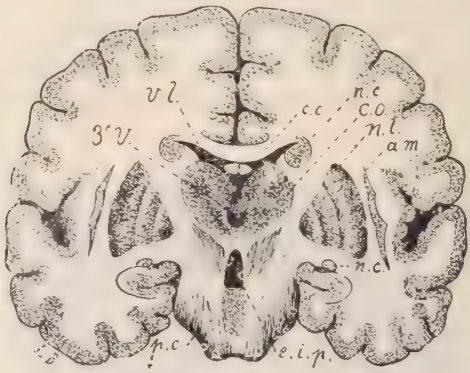

Fig. 2. — Coupe frontale demi-schématique de l'encéphale

organes qui sont absolument requis pour la production des phénomènes sensoriels. Pour l'homme, il faut évidemment attendre que quelque circonstance accidentelle réalise les conditions favorables à de pareilles recherches. L'observation la mieux conduite en l'espèce paraît être celle que N. Vaschide et Cl. Vurpa sont publiée en 1903 sous le titre : « *Essai sur la psychophysiologie des monstres humains. Un anencéphale* ».

Le sujet, né de 10 à 11 mois après la conception, ne vécut que le jour même de sa naissance et le jour

suivant. Les auteurs décrivent son système nerveux comme se composant simplement :

« De la moelle avec ses ganglions rachidiens, du bulbe, de la protubérance moins les pédoncules cérébelleux moyens, et de rudiments des tubercules quadrijumeaux » (p. 28).

« Assez rapprochés de la ligne médiane, se détachent, du milieu de la région nerveuse bulbo-protubérantielle, deux filets minces blanchâtres, qui se dirigent en avant. Il s'agit probablement ici du moteur oculaire externe. Plus en dehors, et en allant de haut en bas, on voit émerger successivement les troncs nerveux suivants : latéralement, c'est d'abord le groupe des VIIe et VIIIe paires : plus bas, celui du glosso-pharyngien et du vago-spinal ; plus en dedans, la XIIe paire ; enfin les nerfs rachidiens font leur apparition sur la face latérale bulbo-médullaire » (p. 30).

En somme, donc, absence des hémisphères cérébraux, des ganglions de la base, des pédoncules cérébraux, des pédoncules cérébelleux moyens, du cervelet et, parmi les nerfs crâniens, de l'olfactif, de l'optique, de l'oculo-moteur commun, du pathétique, du trijumeau et du spinal.

Avec de tels déficits anatomiques, on prévoit à quoi pouvait être réduite la vie sensorielle du sujet. Les auteurs, du reste, nous l'apprennent :

« L'examen minutieux des diverses sensibilités sensorielles nous montre leur abolition complète... Le goût, l'odorat, l'ouïe, la vue, faisaient complètement défaut » (pp. 40-41).

Quant à la sensibilité générale : tact pur et tact thermo-algésique, les auteurs pensent qu'elle subsistait peut-être, car

« lorsque l'on chatouillait, même légèrement, l'enfant sous la plante des pieds, on provoquait un mouvement

de flexion des jambes avec rejet du corps en arrière. Etc. » (p. 39).

Toute la question est de savoir si ce chatouillement était *senti*. Les auteurs ne sauraient l'affirmer. Aussi se bornent-ils à dire :

« La sensibilité générale ne semble pas abolie, si nous en jugeons d'après les réactions motrices, qui la caractérisent habituellement et la mesurent, et qui sont les seuls moyens, par lesquels elle peut être saisie à cet âge chez les enfants les plus normaux » (p. 46).

Ces moyens sont en effet *les seuls ;* malheureusement ils ne suffisent pas, et c'est s'avancer beaucoup que d'affirmer que les réactions motrices *caractérisent* habituellement et *mesurent* la sensibilité générale. Il n'en est certainement pas ainsi quand il s'agit de réactions motrices *réflexes*, et dans le cas rien ne prouve qu'il y en ait d'autres. Ces réactions, en effet, peuvent s'accompagner de sensation ; mais la sensation ne leur est pas essentielle, comme il ressort, soit de l'expérimentation sur les cadavres des décapités, soit même de l'observation de la réflectivité normale. Il est donc impossible de conclure, même de l'existence de réflexes associés et coordonnés tels que Vaschide et Vurpas en ont relevé sur leur monstre, à l'existence de quelque sensation que ce soit. Dire, avec ces auteurs :

« La présence de ces réactions peut ainsi être considérée comme le symbole habituel d'une vie psycho-physiologique rudimentaire » (p. 46),

C'est aller, malgré le vague de l'expression, bien au delà de ce que permettent d'affirmer les données psycho-physiologiques les mieux établies.

En tous cas, les organes périphériques seuls ne suffiraient pas à constituer un dispositif capable d'assurer le service de la sensorialité. En effet, la rétine du monstre humain étudié par Vaschide et Vurpas, était normale :

« Le simple examen à l'œil nu lors de l'ouverture des yeux nous avait déjà montré une membrane en tout semblable macroscopiquement à la rétine. Une étude histologique minutieuse a confirmé cette première donnée élémentaire et montré que cette membrane était constituée par les éléments rétiniens ordinaires. Les diverses couches décrites par les auteurs ont été retrouvées par nous dans ce cas particulier » (pp. 85-86).

Et pourtant :

« Les réflexes iriens n'existent pas. La pupille reste immobile. Une lumière intense placée près de l'œil ne provoque aucune contraction pupillaire. Un attouchement, même énergique, avec la tête d'une épingle, soit de la conjonctive soit de la cornée, au niveau de la pupille, ne provoque aucun mouvement de défense ou de réaction quelconque. La pupille même y reste complètement insensible. L'enfant paraît n'avoir aucune sensation ni aucune notion de cet attouchement » (p. 37).

L'interprétation de ces faits ne souffre aucune difficulté : il n'y a pas sensation d'attouchement, parce que la zone tactile cérébrale fait défaut ; il n'y a pas non plus d'activité motrice réflexe, à cause de l'absence des voies centripètes, des voies centrifuges et des centres de réflexion encéphaliques affectés à la réflectivité d'origine oculaire. Si les réflexes neuro-musculaires des niveaux inférieurs, comme le retrait de la jambe à l'attouchement de la plante du pied, fonctionnent, eux, normalement, c'est que leur arc anatomique : centres médullaires et nerfs rachidiens, est intact, sans qu'il y ait d'ailleurs nécessairement plus de sensation qu'il n'y en a dans le cas de l'attouchement du globe oculaire.

Certains auteurs prétendent bien que la conscience sensorielle existe « obscurément » chez les anencéphales, mais ils n'en ont jamais donné de preuve

péremptoire, car tous les phénomènes sur lesquels ils se fondent pour l'affirmer, s'expliquent par la simple réflectivité médullaire.

Les observations faites sur les enfants nés avant terme et à une époque du développement embryogénique où les hémisphères ne fonctionnent pas encore, ne sont pas plus convaincantes. Les phénomènes de motricité que l'on constate sont de purs réflexes, comme ils le seront encore beaucoup plus tard : « Pendant le premier mois de la vie extra-utérine, tous les mouvements de l'enfant sont donc des mouvements réflexes... Toutes les manifestations de sa vie consistent à répondre par voie réflexe aux excitations du dehors (1) ».

Il n'existe donc encore aucun exemple d'être humain privé de ses hémisphères cérébraux et ayant présenté, indubitablement, le moindre degré de quelque sensorialité que ce soit. Le cas pourrait d'ailleurs se produire sans que la théorie que je soutiens en fût le moins du monde ébranlée. On conçoit, en effet, que les centres nerveux sensoriels qui, chez les sujets normaux, se trouvent toujours, s'il s'agit de l'homme, dans l'écorce grise des hémisphères, puissent être localisés ailleurs dans les cas de monstruosité. Ce n'est pas d'une perturbation tératologique des positions relatives des appareils nerveux qu'on pourra jamais inférer que les organes périphériques seuls sont normalement suffisants pour l'exercice essentiel de la fonction sensorielle.

Chez les vertébrés moins élevés que l'homme en organisation, mais possédant toutefois des hémisphères cérébraux, ces hémisphères sont-ils indispensables à la production des phénomènes sensoriels ?

La question s'est posée pour la grenouille. On s'est

(1) Van Gehuchten, *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 4e éd., 1906, p. 781.

demandé si la décérébration hémisphérique totale ne laissait pas subsister un certain degré de vision. Sanderson, qui conseille dans son *Manuel du laboratoire de physiologie*, de tenter la réalisation de cette expérience célèbre de Goltz, après avoir prévenu qu'elle ne réussit pas toujours, ajoute « qu'il serait hasardeux d'affirmer que l'animal voit, car il est difficile ou même impossible d'avoir aucune preuve de l'influence de la vision sur une grenouille ainsi mutilée (1) ».

Fredericq et Nuel pensent de même : « Soutenir (avec Monakow, etc.) que chez les vertébrés inférieurs, les tubercules quadrijumeaux antérieurs (2) seraient le siège de sensations lumineuses, peut-être peu spécifiées, c'est formuler une hypothèse pure, qu'on ne saurait même soumettre au contrôle expérimental (3) ».

De fait, la grenouille décérébrée mise dans l'eau nage, comme le pigeon lancé en l'air vole, mais la grenouille, comme le pigeon, après décérébration, est incapable d'éviter les obstacles : elle ne les voit pas. Si des doutes se sont élevés sur ce point, c'est que la grenouille décérébrée de Goltz, pincée sur le dos, saute de côté, de manière à éviter un obstacle intentionnellement placé devant elle ; mais il n'y a rien là que ne puisse expliquer la simple activité réflexe (4). Si, d'ail-

(1) Traduction, p. 367 (Paris, 1884).

(2) Tubercules bijumeaux ou lobes optiques.

(3) *Éléments de Physiologie humaine*, p. 475 (1904).

(4) La couche optique serait, d'après Meynert, « le centre d'actes réflexes très compliqués, grâce auxquels l'animal sans hémisphères peut encore exécuter des mouvements très complexes, sous la seule influence d'innervations centripètes inconscientes. Tels sont, par exemple, les mouvements de locomotion à travers des obstacles, provoqués chez le chien auquel on a enlevé la presque totalité de l'écorce cérébrale. Cet acte de l'animal qui marche comme un automate et qui évite les obstacles sans avoir conscience de leur présence, est de même nature que celui plus parfait encore du pigeon sans cerveau qui change la direction de son vol, dans les mêmes circonstances ; que le saut de côté, que fait, sous l'influence d'un pincement, la grenouille sans lobes, lorsqu'un obstacle est placé préalablement devant ses yeux ». (Viault et Jolyet, *Traité élémentaire de physiologie humaine*, 4e édition, 1903, p. 860).

leurs, le contraire était prouvé, nous ne trouverions nullement étrange que les tubercules bijumeaux qui, dans l'expérience, ont été laissés intacts, soient, du moins occasionnellement, le siège de phénomènes visuels plus ou moins intenses. Sans doute, la grenouille n'est pas aussi complètement déshéritée, au point de vue cérébral, que les poissons osseux qui manquent totalement d'écorce : mais cette substance nerveuse est encore, chez elle, fort réduite. Rien d'étrange, dès lors, à ce que le soin soit confié à des masses nerveuses sous-jacentes, de s'acquitter de certaines fonctions sensorielles, que nous verrons devenir corticales chez les vertébrés, où le pallium prendra un développement prépondérant. Aussi bien peut-on constater que chez la grenouille un nombre relativement considérable de fibres du nerf optique se rendent dans les tubercules bijumeaux. Certaines de ces fibres ont sans doute pour fonction de servir à des actes réflexes, mais ce serait peut-être aller trop loin que d'affirmer que c'est leur rôle à toutes, et qu'aucune d'elles n'intervient dans la sensorialité visuelle par ses relations avec certaines des cellules des tubercules bijumeaux différenciées en vue de cette fonction spéciale. Il en est certainement ainsi chez les poissons osseux, où toutes les fibres optiques se rendent dans les masses grises similaires. D'ailleurs si la section, chez la grenouille, est pratiquée plus en arrière, de manière à extirper les tubercules eux-mêmes, toute sensation est bien alors immédiatement et irrémédiablement abolie.

Quant aux vertébrés supérieurs, il semble, comme pour l'homme, qu'aucune sensation ne persiste après l'ablation totale des hémisphères, couches optiques et corps striés compris, ni même après la simple décortication. Les sujets ainsi opérés deviennent de véritables automates chez qui toute vie consciente a dis-

paru, ainsi que toute motricité volontaire (1) ; aux excitations de toute sorte, expérimentales ou naturelles, l'organisme ne répond plus que par de simples réflexes.

Certains de ces phénomènes, toutefois, pourraient souvent être pris pour des actes volontaires répondant à des excitations senties. Comment persuader, par exemple, à des hommes peu familiers avec les questions de constitution et de fonctionnement des voies réflexes, qu'un animal dont les globes oculaires se meuvent pour suivre le déplacement d'une bougie qu'on promène devant eux, peut fort bien n'avoir aucune sensation visuelle ? Et pourtant, si le phénomène se produit chez un vertébré supérieur privé de ses hémisphères cérébraux, il se produit certainement en l'absence de tout acte sensoriel. Pour le comprendre, rappelons-nous que si les mouvements des globes oculaires sont sous la dépendance de la volonté, cela n'empêche pas les muscles qui président à leur exécution de pouvoir subir l'influence d'excitations d'un autre ordre. Nous en avons une preuve irréfutable dans ce fait qu'en excitant convenablement les tubercules quadrijumeaux antérieurs, on provoque immédiatement des phénomènes combinés de convergence et de déplacement latéral des deux yeux, en même temps qu'une constriction du sphincter iridien. Vous me pardonnerez de céder à la tentation de vous schématiser ces voies réflexes.

Vous savez que le nerf optique est constitué par la réunion des prolongements cellulifuges des cellules ganglionnaires de la rétine *R.*, figure 3, cellules qui sont elles-mêmes en relation physiologique avec les cellules à cône et à bâtonnet, par l'intermédiaire des neu-

(1) J'entends ici par mouvements *volontaires* ceux que l'animal exécute spontanément, de lui-même, par opposition à ceux qui dépendent de l'activité purement réflexe.

rones bipolaires. Or, si l'on sectionne ce nerf optique, et qu'on excite son bout périphérique, par exemple en *a.*, aucune réaction pupillaire ne se produit. Au contraire, l'excitation du bout central, en *b.*, détermine la constriction du sphincter de l'iris *I.* : l'ouverture *P.* de la pupille se resserre. Il y a donc dans le nerf optique des fibres qui assurent l'innervation motrice de l'iris, et ces fibres sont centripètes.

Or, si nous poursuivons le nerf dans les centres encéphaliques, nous voyons qu'au niveau de la couche optique *C. O.*, il se fait un partage, très inégal

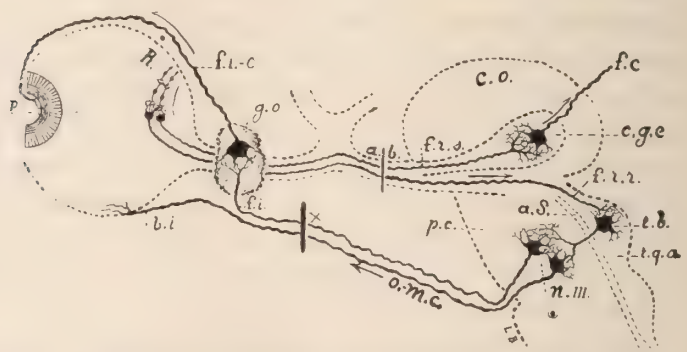

Fig. 3. — Schéma des voies réflexes oculaires

d'ailleurs, de ses fibres. Presque toutes (une seule, *f. r. s.*, est schématisée dans la figure 3) se rendent dans le corps genouillé externe *c. g. e.*, ou le pulvinar. Ce sont ces fibres, tout au moins celles du corps genouillé, qui assurent le service sensoriel, par leur articulation avec les neurones corticipètes (le schéma en représente un, *f. c.*: la flèche indique la direction vers les circonvolutions occipitales). Leur lésion abolit toute sensation visuelle.

Les quelques fibres qui ne pénètrent pas dans les masses grises thalamiques gagnent le tubercule quadrijumeau antérieur, *t. q. a.* : telle la fibre *f. r. r.* Là,

elles entrent en relation avec les prolongements cellulipètes des cellules du faisceau tecto-bulbaire, *t. b.* Le prolongement cellulifuge de ces cellules se rend dans le noyau d'origine *n. III.* de l'oculo-moteur commun *o.-m. c.* Ce noyau, situé dans le pédoncule cérébral, au niveau du tubercule quadrijumeau antérieur, en avant de l'aqueduc de Sylvius *a. S.*, est représenté, figure 3, par deux corps cellulaires. C'est cette voie que suit l'ébranlement déterminé en *b.* par l'excitation dont je parlais tout à l'heure. Cet ébranlement est en effet transmis par certaines des fibres de l'oculo-moteur commun, comme le prouve le fait, constaté aussi bien chez l'homme que chez les animaux, de l'impossibilité de déterminer le réflexe pupillaire dans le cas d'une lésion du nerf de la troisième paire en arrière du point où se détache la fibre iridienne *f. i.* qui se rend dans le ganglion ophthalmique *g. o.* (par exemple au point *x.*). Le phénomène ne peut alors se produire que par excitation directe de la voie ophthalmique, au delà de la lésion, soit avant le ganglion, par exemple en *f. i.*, soit après, par exemple en *f. i. c.*

On comprend donc sans difficulté que dans les cas de décérébration où la voie que je viens d'indiquer reste intacte, un rayon lumineux tombant sur la rétine, pourra, par cette voie, déterminer le réflexe pupillaire, comme il le détermine chez l'individu normal, sans qu'il y ait pourtant phénomène sensoriel visuel, l'ablation des hémisphères cérébraux, ou leur simple décortication, ayant interrompu la voie *f. c.*, qui vient du corps genouillé externe.

Que le globe oculaire lui-même puisse obéir, par voie réflexe, à l'excitation rétinienne, en l'absence de toute vision, au même titre que le sphincter iridien, le dispositif anatomique que je viens d'indiquer permet aussi de le comprendre. En effet, dans l'oculo-moteur commun, à côté des fibres, comme *f. i.*, qui sont affec-

tées au service de l'iris, et vont se mettre en relation, dans le ganglion sympathique *g. o.*, avec les fibres irido-constrictrices *f. i.-c.*, il existe d'autres prolongements cellulifuges, qui prennent part, par exemple, à la constitution de la branche inférieure *b. i.*, de l'oculo-moteur commun, et vont innerver les muscles du globe oculaire. Et si, même à l'état normal, cette voie se prête au transport d'ébranlements de nature purement réflexe, on ne voit pas pourquoi il en serait autrement quand l'ablation de l'écorce a soustrait toute la musculature aux influences volontaires. Les appareils moteurs de l'œil sont alors, comme tous les autres, complètement livrés, sans la gêne d'aucune action antagoniste, à la seule réflectivité nerveuse, et un physiologiste ne saurait s'étonner que dans ces conditions un rayon lumineux promené devant les yeux de l'animal détermine, en même temps qu'une modification de l'ouverture de l'iris, des mouvements combinés des globes oculaires, ni que l'irradiation de cette excitation d'origine rétinienne, en intéressant d'autres noyaux d'origine que celui de l'oculo-moteur commun, active d'autres muscles, et puisse commander ainsi des mouvements, non seulement des yeux, mais de tout le membre supérieur.

Il me semble important de remarquer à ce sujet que dans la constitution des voies nerveuses de nos autres organes des sens, à côté des fibres qui, de relai en relai, conduisent l'ébranlement jusqu'à l'écorce, pour assurer le service sensoriel, il en existe toujours d'autres, d'ailleurs de même origine, et soumises aux mêmes excitations, dont le rôle est de présider, soit à l'accommodation, soit à la défense réflexe de l'organisme. Cette constitution de nos appareils nerveux est providentielle. C'est en effet par nos organes des sens que nous entrons en relation avec le monde du dehors, et l'on conçoit dès lors l'utilité qu'il peut y avoir à ce

qu'il existe, à chacune de ces portes de communication, des dispositifs appropriés qui, automatiquement, et sans attendre que nous ayons pris conscience de l'action sur nous des agents extérieurs, nous mettent en garde contre leur influence nocive, ou nous adaptent au contraire à la pleine réception de leur contact bienfaisant. Même en l'absence de tout phénomène sensoriel, rendu impossible par une destruction suffisante des centres encéphaliques, il pourra donc toujours subsister une certaine somme de phénomènes, liés d'ordinaire à l'exercice de la sensorialité, mais par une simple concomitance, et qui ne sont que de purs réflexes. Les fibres affectées au service de la réflectivité suivent en effet, dans les centres, un trajet propre, aboutissant en des points spéciaux : elles peuvent donc persister dans toute leur intégrité, à la suite d'une lésion qui aura mis hors de service les fibres des voies sensorielles.

Ce sera à l'étude comparative des attitudes et de la mimique animale, à l'état normal et à l'état d'expérimentation, à déterminer, dans une lésion donnée, ce qui est sensoriel et ce qui ne l'est pas, et à établir ainsi quelles sont les régions de l'encéphale qui interviennent dans la constitution des différents processus psychophysiologiques. Les expériences pourront être très variées, depuis l'ablation complète de toutes les masses nerveuses de la boîte crânienne, jusqu'à la simple décortication, partielle ou totale, telle que Flourens, le premier, l'a pratiquée sur le pigeon, et Goltz sur le chien. S'il était possible d'expérimenter à discrétion sur l'homme, comme sur les animaux, les observations seraient évidemment beaucoup moins laborieuses, car l'homme pourrait, par le langage, rendre compte de ce qu'il éprouve à la suite d'une intervention sur ses centres. Mais c'est là, malheureusement, un matériel expérimental fort peu abondant, et d'un maniement très délicat, de sorte que le physiologiste est contraint

d'abandonner presque complètement à la nature le soin de produire elle-même, accidentellement, les lésions favorables, et de varier les expériences. Du moins est-il rassurant de constater que toutes les fois que les circonstances ont mis un peu de matériel humain à la disposition de la physiologie, et dans les cas où les hautes fonctions d'intellectualité étaient hors de cause, les observations relevées sur l'homme ont confirmé dans leurs points essentiels les conclusions tirées de l'expérimentation animale. Nous pouvons donc nous fier à cette expérimentation, malgré les doutes élevés sur ce point, pour le besoin de leur cause, par des hommes qui n'ont d'ailleurs eux-mêmes jamais mis la main à l'œuvre, ni même assisté, en simples observateurs, à la moindre expérience de neuro-physiologie.

Je résume, en affirmant que l'expérimentation comparée de l'homme et des animaux a établi, sans aucun doute possible, que la fonction sensorielle est solidaire de l'intégrité de l'encéphale, dans ce sens que certaines lésions encéphaliques amènent nécessairement, soit un affaiblissement, soit une perte totale de certaines sensations. Ces lésions sont celles qui (tout au moins chez les vertébrés supérieurs) intéressent les territoires de l'écorce cérébrale où aboutissent les voies nerveuses faisant suite aux organes périphériques, et ce sont aussi celles qui interrompent ou altèrent ces voies, en n'importe quel point de leur parcours à travers la substance blanche ou les masses grises encéphaliques.

L'encéphale intervient donc nécessairement dans l'exercice de la fonction sensorielle ; mais on peut préciser davantage.

II

L'ENCÉPHALE DOIT ÊTRE REGARDÉ, A L'EXCLUSION ABSOLUE ET DES ORGANES PÉRIPHÉRIQUES ET DES VOIES CENTRIPÈTES, COMME LE SIÈGE DE LA SENSATION

Tant que l'ébranlement nerveux déterminé dans l'organe périphérique par l'action de l'agent spécifique n'est pas arrivé dans l'écorce grise de l'encéphale, il n'y a sensation à aucun degré, c'est-à-dire qu'il n'y a à aucun degré conscience d'une modification quelconque produite dans une faculté sensorielle sous l'influence de l'excitant ; et quand l'acte sensoriel se produit, l'appareil de réception et de transmission (organe périphérique et voie centripète) n'intervient en aucune façon dans *l'essence* même de cet acte : il l'a préparé : sans lui, dans les conditions d'exercice normal de la faculté, sa production eût été impossible : mais enfin, son rôle s'est borné à déterminer le centre encéphalique à entrer en activité et à poser cet acte que nous appelons une sensation : sensation de vision, sensation d'audition, sensation de gustation, sensation d'olfaction, sensation de tact (tact pur, tact thermique, tact algésique).

Comment prouver cette assertion ?

La chose me paraît simple, et j'ose espérer qu'à vous-mêmes elle paraîtra telle.

Dire que la sensation ne se produit pas dans l'appareil nerveux extra-encéphalique, parce que, quand cet appareil est isolé des masses nerveuses crâniennes, l'action de l'excitant externe n'est nullement sentie, ne constituerait pas une preuve suffisante. On pourrait toujours penser, en effet, que c'est bien dans les appareils nerveux périphériques que la sensation a son siège, mais que son exercice exige, comme condition indispensable, l'influence de l'encéphale. Mais toute hésita-

tion disparaît lorsque, observant les phénomènes de plus près, on se rend compte que le dispositif extra-encéphalique n'est qu'un simple appareil récepto-conducteur absolument indifférent, et que son activité n'est pas essentiellement indispensable à l'exercice de la fonction sensorielle.

a. — Le dispositif extra-encéphalique n'est qu'un simple appareil récepto-conducteur absolument indifférent

Pour vous mieux faire saisir ce point de vue, je dois préciser tout d'abord ce que j'entends par *l'indifférence* du dispositif extra-encéphalique.

Il n'existe pas un seul élément anatomique *indifférent*, au sens strict du mot, dans l'organisme adulte, ni même dans l'organisme embryonnaire, car la cellule-œuf elle-même, qui serait mieux que tout autre en situation de réaliser l'indifférence anatomo-physiologique absolue, est une cellule structurée, conformée, adaptée, dans tous les détails de sa constitution, à sa fonction spéciale : elle est, en d'autres termes, *différenciée* en vue de cette fonction. Et ainsi en est-il de toutes nos cellules normales, à quelque degré de leur évolution ontogénique que nous les considérions.

Les cellules nerveuses, ou neurones, qui constituent les organes des sens et les voies nerveuses organo-encéphaliques, sont donc, elles aussi, cellules différenciées. Or, en quoi consiste cette différenciation ?... Assurément en une adaptation des éléments à subir l'action d'excitants appropriés, et à la transmettre aux centres. Mais que cette action (que la cellule nerveuse de sensorialité n'est pas indifférente à recevoir et à conduire) détermine, une fois arrivée au terme, un phénomène mécanique de motricité, un phénomène physique de production de lumière ou d'électricité, un phéno-

mène physiologique d'élaboration glandulaire, ou un phénomène psycho-physiologique de sensorialité visuelle, auditive, olfactive, gustative ou tactile, voilà qui lui est absolument indifférent. C'est dire que si les neurones dont je parle sont différenciés en vue d'une fonction récepto-conductrice, ils ne sont différenciés que pour cela.

Ce que j'ai déjà dit de l'appareil visuel le donnait à supposer. Les fibres optiques de la voie rétinienne qui amènent l'ébranlement nerveux dans la région corticale calcarine, déterminent un phénomène de vision ; celles qui aboutissent dans le tubercule quadrijumeau antérieur provoquent des mouvements. Si ces fibres pouvaient être mises en relation avec un organe électrogène, donneraient-elles une décharge électrique? ou une sécrétion si on les raccordait à un appareil glandulaire?... Je n'en doute pas, bien que l'expérience n'en ait jamais été faite, et qu'elle soit peut-être impossible ; car je le conclus de données structurales et fonctionnelles parfaitement établies, et je l'affirme avec au moins autant de sécurité que peuvent en donner à un philosophe les déductions immédiates qu'il tire légitimement de ses premiers principes.

Peu importe, d'ailleurs, la façon dont l'ébranlement initial se produit. Je puis remplacer le rayon lumineux par un excitateur électrique, et j'obtiens, d'une part, mon phénomène sensoriel, et d'autre part mon phénomène moteur, par les mêmes voies que précédemment. Si on objectait que l'excitation électrique comprend des composantes diverses, et que les fibres qui sont destinées aux couches optiques font parmi ces composantes le choix qui leur convient, en tant que fibres différenciées non seulement en vue de la conduction, mais aussi en vue de la sensorialité visuelle, et que les fibres qui se rendent au noyau d'origine de l'oculo-moteur commun font de même pour leur propre compte, après

avoir répondu que c'est là une hypothèse purement gratuite, je ferais remarquer que l'électricité elle-même peut être remplacée par un ébranlement mécanique massif, ou par une simple compression, et qu'il faudrait être doué d'une bonne volonté peu ordinaire pour admettre dans des excitations de cette nature des composantes diverses en rapport avec nos sensations spécifiques, par l'intermédiaire de la spécificité sensorielle essentielle de nos voies nerveuses. Le fait que des objections de cette sorte peuvent se réclamer de la philosophie bergsonienne, ne suffit certainement pas à leur donner la moindre valeur probante ; cela est sans importance, et j'ajouterai même que c'est pour nous, à l'heure actuelle, un spectacle assez réjouissant de voir M. Bergson en passe de devenir une manière d'autorité anatomique et physiologique pour certains philosophes.

A plus juste titre, semble-t-il, pourrait-on faire observer que les cellules initiales de la rétine qui font partie de la voie thalamique, sont peut-être autrement différenciées que celles qui font partie de la voie mésencéphalique ; mais rien ne l'indique, et on n'aurait quelque apparence de raison de poser le problème, que si, de par ailleurs, la question de l'indifférence des voies nerveuses n'était pas suffisamment établie ; or, précisément cette indifférence, de par ailleurs, ne fait aucun doute.

La chose est manifeste pour les organes et les voies nerveuses autres que les organes et les voies de sensorialité. Ainsi, le phénomène nerveux — quelle qu'en soit la nature et quelque nom qu'il porte : courant nerveux, influx nerveux, ébranlement nerveux, rupture de l'équilibre moléculaire des neurofibrilles — le phénomène nerveux, dis-je, que la volonté détermine dans l'encéphale, et dont le résultat dernier sera de provoquer la contraction de quelque muscle, n'est pas

moteur à son point de départ, n'est pas moteur le long de la voie, et n'est qualifié moteur que par une dénomination tout à fait extrinsèque, c'est-à-dire eu égard au phénomène de motricité qui se passe dans les appareils musculaires où il aboutit. Et la preuve en est que si je réussis à détourner l'ébranlement nerveux de ces appareils musculaires et à le dériver sur un organe glandulaire, il déterminera un phénomène de sécrétion au lieu d'un phénomène de motricité. Si l'on a, par exemple, comme l'indique le schéma de la figure 4, opéré la suture, en un point *s*, entre le bout central du

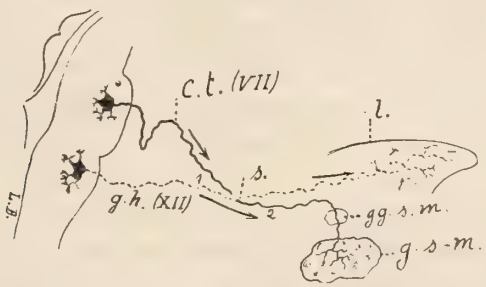

Fig. 4. — Schéma de la suture expérimentale sécréto-motrice

grand hypoglosse *g. h.* et le bout périphérique de la corde du tympan *c. t.*, par l'intermédiaire du lingual, toutes les fois que l'animal lancera dans ses voies nerveuses l'incitation habituelle pour remuer la langue, il se produira une abondante sécrétion salivaire, la corde du tympan renfermant des fibres qui se rendent dans la glande sous-maxillaire *g. s.-m.* Ces fibres traversent le ganglion sous-maxillaire *g. g. s. m.*, et peut-être s'épuisent là, transmettant leur ébranlement aux neurones sympathiques du ganglion, qui le transportent jusqu'aux cellules glandulaires. Cela, d'ailleurs, importe peu ; l'essentiel est de constater qu'une excitation, qui autrefois déterminait un mouvement, provoque maintenant une sécrétion. La voie qui transporte

cet ébranlement est donc indifférente quant au résultat ultime du phénomène nerveux. S'il fallait admettre qu'il n'y a pas eu soudure entre les deux nerfs suturés, mais que les fibres de la corde du tympan contenues dans le lingual ayant dégénéré, celles de l'hypoglosse en voie de croissance régénératrice ont pris leur place, l'expérience n'en serait que plus décisive, car ce seraient alors les fibres elles-mêmes du nerf moteur qui remplaceraient totalement les fibres sécrétrices. Il est donc évident, dans ce cas, que le phénomène nerveux est spécifié, non par la nature de l'ébranlement, ni par une qualité essentielle de la voie anatomique, mais par les éléments auxquels cette voie aboutit et communique l'ébranlement : phénomène de motricité si l'aboutissant est un appareil musculaire, phénomène de sécrétion si l'aboutissant est un appareil glandulaire.

On dira, peut-être, que s'il en est ainsi, pas n'est besoin, pour que le phénomène se produise, d'un ébranlement apporté par une voie nerveuse : on doit pouvoir obtenir le même résultat en excitant directement les appareils auxquels aboutit la voie. Cette conclusion, si nous l'envisagions en elle-même, abstraction faite de ce que l'expérience nous a appris sur ce point, ne serait pas absolument rigoureuse. Lors même, en effet, que l'ébranlement ne serait pas spécifié dans les voies nerveuses où il se propage, et que son rôle unique serait de provoquer l'activité spécifique des cellules où les voies le conduisent, il se pourrait que le fait d'être amené par ces voies soit absolument requis, pour qu'il arrive aux organes terminaux avec les qualités d'intensité, d'application, etc., qui sont nécessaires pour que son action soit efficace. Mais l'expérience a répondu qu'on pouvait en effet se passer de la voie, et qu'en portant directement sur les cellules terminales une excitation artificielle convenable,

on obtenait, dans leurs caractères essentiels, les phénomènes ordinaires.

Les voies nerveuses dites motrices sont donc indifférentes au point de vue du phénomène moteur pris en lui-même. Dans le même sens, les voies dites sensorielles sont tout aussi indifférentes que les voies motrices. On a, de ce fait, une preuve au moins, d'ordre expérimental, et un nombre considérable de preuves d'ordre absolument normal.

La preuve d'ordre expérimental consiste dans la suture du bout central du nerf lingual (sensoriel), *li.*, figure 5, avec le bout périphérique du nerf grand hypoglosse (moteur), *g. h.*, par exemple en un point *s*. Quel-

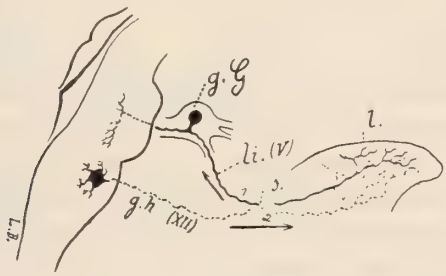

Fig. 5. — Schéma de la suture expérimentale sensorio-motrice

ques jours après l'opération, si l'on excite le tronçon appartenant au lingual, par exemple en *l*, on provoque à la fois un phénomène de sensorialité et un phénomène de motricité. Le nerf sensoriel est donc devenu moteur, soit complètement, dans le cas où ses fibres se seraient développées le long du trajet occupé auparavant par les fibres de l'hypoglosse, maintenant dégénérées, soit par l'ébranlement qu'il communique, dans le cas (le moins probable) où les fibres de l'hypoglosse, restées normales, se seraient anastomosées avec les fibres du lingual.

Si, au lieu d'exciter le nerf sur l'ancien parcours du

lingual, en *1*, nous l'excitons en *2*, sur l'ancien trajet de l'hypoglosse, nous obtenons et un mouvement et une sensation ; donc, le nerf moteur est devenu sensoriel, à moins, encore une fois, que ce nerf ayant disparu n'ait été remplacé par le bourgeonnement cellulifuge du lingual, ce qui ne change en rien le résultat essentiel de l'expérience. C'est alors en effet, l'ébranlement qui est indifférent ; or, quand je dis que les voies nerveuses sont indifférentes, j'entends évidemment par là qu'elles conduisent un ébranlement qui n'est spécifié ni comme moteur, ni comme sensoriel, ni comme électrogène, ni comme sécréteur, ni comme photogène, etc. : voie indifférente et ébranlement indifférent peuvent donc, physiologiquement et psycho-physiologiquement, être pris l'un pour l'autre.

Mais il n'est pas nécessaire, du moins à mon très humble avis, de recourir à l'expérimentation, pour se rendre compte du caractère indifférent des voies nerveuses, ou de l'ébranlement nerveux. Le dispositif anatomique et le fonctionnement normal de tous ceux de nos réflexes qui s'accompagnent de phénomènes de conscience, le démontrent, me semble-t-il, avec une rigueur qui ne laisse rien à désirer.

Il n'est évidemment pas essentiel au réflexe que nous ayons conscience de sa production. Si je percute mon ligament rotulien, et si, à la suite de cette percussion, ma jambe, en vertu de l'activité purement réflexe, se projette en avant, j'ai conscience, et de ce mouvement de mon membre inférieur, et de l'excitation initiale qui l'a déterminé. Mais le resserrement ou la dilatation de ma pupille, les mouvements péristaltiques de mon intestin, la sécrétion de mes glandes, tous les phénomènes de vaso-motricité, etc..., sont des actes réflexes, tout aussi bien que le premier, et pourtant ceux-là, en temps ordinaire, échappent totalement à ma conscience.

Mais considérons, si vous le voulez, un réflexe qui

s'accompagne précisément de la conscience de sa production.

Je représente ici, schématiquement, figure 6, deux voies sensorielles spinales. L'une part de l'épiderme, *ép.* ; l'autre a son origine dans un tendon *t*.

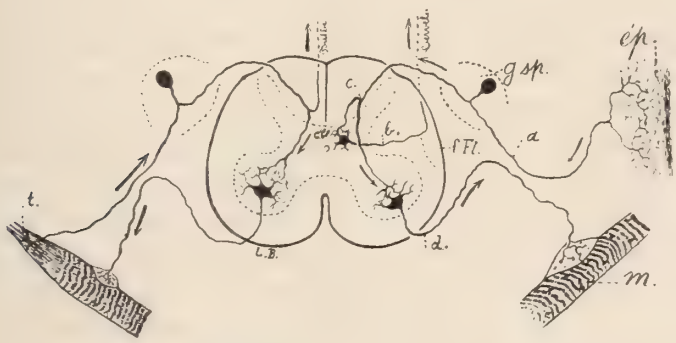

Fig. 6. — Schéma d'un réflexe médullaire accompagné de phénomènes de conscience

Quand on excite la surface de la peau, le sujet, supposé normal, a conscience de cette excitation : il éprouve une sensation de tact. Cela se comprend. L'ébranlement, parti de *ép.*, a cheminé dans le neurone *a.*, dans le sens de la flèche, jusqu'à la colonne de Clarke, *c. Cl.* Là, il s'est communiqué à un second neurone *b.*, qui l'a conduit vers les centres supérieurs. Après plusieurs relais dont je n'ai pas à parler, il est arrivé jusqu'à l'écorce des hémisphères cérébraux.

Mais le neurone *a.*, avant d'aboutir dans la colonne de Clarke, s'était bifurqué, en *c.*, et une des branches de bifurcation, traversant les parties postérieure et moyenne de la substance grise centrale, était venue se mettre en rapport, dans la corne antérieure, avec les prolongements cellulipètes d'un neurone *d.*, qui par son prolongement cellulifuge est en relation avec un muscle *m*. Et voilà pourquoi, en même temps qu'une

sensation de tact, il s'est produit une contraction musculaire (réflexe cutané des physiologistes).

L'ébranlement initial provoqué dans le neurone *a.*, et qui a été le point de départ, à la fois, et d'un phénomène de motricité, et d'un phénomène de sensorialité, est donc indifférent de sa nature, et nous savons que l'ébranlement qui se propage dans les voies motrices et sensorielles articulées avec ce premier neurone, est tout aussi indifférent lui aussi, comme le prouve l'expérience de la suture sensitivo-motrice.

Si on nous disait que l'ébranlement n'est pas indifférent, mais que, dès l'organe périphérique, il possède une double virtualité, qui s'*actuera* en phénomène de sensorialité ou en phénomène de motricité selon l'organe où il aboutira, on énoncerait là une vérité que je vous laisse le soin de qualifier. Il est par trop évident, en effet, que si l'ébranlement détermine un phénomène sensoriel d'une part, et un phénomène moteur de l'autre, c'est qu'il a la vertu de les déterminer tous les deux, et je n'ai jamais eu l'intention d'affirmer le contraire. Mais si l'on rattache cette double virtualité à l'existence de deux principes distincts, l'un principe de motricité, l'autre principe de sensorialité, inhérents aux molécules protoplasmiques des éléments nerveux de conduction, on sort de l'observation pour tomber dans le domaine des pures hypothèses et des possibilités les plus arbitraires. Pour conclure à l'existence nécessaire de ces deux principes, il faudrait avoir démontré que la production des deux ordres de phénomènes en question ne peut pas être l'œuvre d'un principe unique. Or il ne répugne nullement qu'il en soit ainsi. L'excitation expérimentale directe des organes terminaux détermine, en effet, soit une sensation, si elle porte sur les centres encéphaliques, soit un phénomène moteur si elle porte sur un muscle, et par l'action du même agent excitateur. Or, nul ne s'avisera jamais

de soutenir qu'il existe un double principe d'excitation, l'un spécifié comme moteur et l'autre comme sensoriel, à l'extrémité des mors d'une pince, sur le tranchant d'un bistouri, ou à la pointe d'une électrode. Ce n'est pas que je prétende que l'excitation apportée par l'ébranlement nerveux soit de même nature que celle que provoque un appareil d'expérimentation, mais l'action de ce dernier n'en démontre pas moins qu'il n'est nullement nécessaire, pour obtenir un phénomène sensoriel ou moteur, d'employer un excitant préalablement différencié soit comme moteur, soit comme sensoriel. La nécessité d'une excitation psycho-physiologiquement différenciée ne s'impose donc point de par la nature des choses, et on ne pourrait l'exiger, à l'encontre des données de l'expérimentation, qu'en vertu du plus fantaisiste des *a priori*. C'est dans de semblables rencontres que l'on comprend combien il est à souhaiter que les phénomènes essentiellement organiques restent du ressort exclusif des sciences d'observation.

B. — L'activité du dispositif extra-encéphalique n'est pas essentiellement indispensable à l'exercice de la fonction sensorielle

A la question de l'indifférence des appareils périphériques et centripètes, au point de vue de la spécification du phénomène ultime, est intimement lié le fait de l'excitation directe des dispositifs terminaux.

Si la voie, en effet, est indifférente, au sens que j'ai dit, il en résulte, non seulement que ce n'est point sur son trajet que se fait la sensation, mais aussi qu'elle peut être suppléée dans la production de l'acte sensoriel, ce qui est une nouvelle preuve de la localisation dans l'encéphale du siège de la sensation.

La pratique médicale vous a sans doute familiarisés avec le fait si intéressant de la réflectivité idio-musculaire. Vous savez que la mise hors de fonction des voies nerveuses qui se rendent dans les muscles n'empêche pas ceux-ci de réagir, en vertu de leur activité propre, à une excitation proportionnée portée directement sur leurs éléments constitutifs. Peut-être en est-il ainsi de tous les appareils normalement desservis par le système nerveux. C'est au moins le cas des centres sensoriels encéphaliques. Leur excitation directe, sans passer par les voies nerveuses, qui normalement les excitent, suffit à mettre en jeu leur activité spécifique intrinsèque et à déterminer la sensation correspondante.

L'observation peut en être faite, soit sur les animaux, soit même sur l'homme, quand la nécessité de quelque intervention chirurgicale s'y prête (1). Mais dans la plupart des cas d'expérimentation directe, la difficulté d'exciter le point précis sans léser les zones voisines, peut compliquer les résultats et en rendre l'explication difficile. Heureusement la nature se charge parfois de suppléer notre intervention et de nous fournir ainsi elle-même les éléments d'un précieux contrôle. C'est le cas, où sans excitation préalable des organes périphériques, sans transmission d'ébranlements d'aucune sorte, les centres corticaux sensoriels sont mis en acti-

(1) L'excitation directe des centres corticaux du tact présente une difficulté spéciale. Le fait de la constitution mixte (sensitivo-motrice) de l'aire tactile corticale, ne permet pas d'obtenir, dans la recherche expérimentale, la disjonction du phénomène moteur et du phénomène sensoriel. Comme, d'autre part, même à l'état normal, ce phénomène sensoriel accompagne toujours le déplacement relatif des pièces musculaires et squelettiques, il est assez délicat de faire le départ, dans l'expérimentation, des phénomènes de tactilité profonde qui sont provoqués directement par l'excitation, et de ceux qui résultent du jeu de la musculature. Ce départ est cependant possible, et il démontre que la sensorialité tactile se comporte essentiellement comme toutes les autres sensorialités, au point de vue de son excitabilité par voie corticale, sans intervention des appareils périphériques.

vité par l'action d'une cause morbide localisée, comme une hémorragie, une exostose, une tumeur cérébrale en voie de développement, etc.

Ces cas, sans doute, sont anormaux, comme sont anormales, du reste, toutes les interventions expérimentales ; mais cela ne prouve rien contre leur valeur démonstrative. Il est certainement anormal aussi qu'un homme soit dépourvu de globes oculaires, ce qui ne m'empêchera pourtant pas de conclure que les globes oculaires sont nécessaires à la vision normale, si je constate que des orbites énucléées n'y suffisent pas. Pareillement, de quelque façon, même anormale, que se produise la mise en activité de nos centres corticaux sensoriels, si cette seule activité détermine une sensation, ne sera-t-il pas légitime de conclure que c'est dans les centres corticaux que cette sensation s'opère?

Les actes sensoriels consécutifs à des excitations pathologiques de ces centres, ont été appelés des hallucinations, et parce que, dans l'hallucination, il n'existe pas, comme dans les sensations normales, d'excitant extérieur agissant sur les organes des sens, l'hallucination a pris la signification de *sensation fausse*. Mais affirmer que dans ce cas il n'y a pas *sensation vraie*, c'est supposer qu'il est de l'essence de la sensation d'être déterminée par l'action, sur les appareils périphériques, d'un agent sensoriel spécifique. Or c'est précisément là ce qu'il faudrait prouver. C'est ce que je nie, car cela est démontré absolument faux par tout ce que nous venons de voir.

Le sujet dont les territoires sensoriels corticaux sont mis en activité par une cause intra-crânienne, et qui voit, qui entend, qui goûte, sans qu'il existe d'objet extérieur correspondant à ces phénomènes, a une sensation vraie. Je ne dis pas que cette sensation sera de tous points impeccable ; aussi bien n'est-il pas nécessaire qu'elle le soit. L'excitation du centre ne pourra

déterminer d'elle-même qu'une sensation générale de vision, de gustation, d'audition ; ce seront les préoccupations, les désirs ou les craintes habituelles du malade qui la spécialiseront. Une excitation de la zone calcarine, par exemple, provoquera chez un sujet la vision d'un être absent dont il se représente souvent les traits et qu'il voudrait revoir, et chez un autre, qui a failli être victime d'un accident dont le souvenir l'obsède, la vision d'une maison qui s'écroule ou d'un véhicule qui vient droit sur lui. A considérer très sommairement ces phénomènes, l'idée pourrait venir à certains, et elle leur est venue, qu'on n'avait affaire là qu'à une simple reviviscence mnésique d'une sensation normale antérieure. Mais alors, pourquoi n'y a-t-il reviviscence d'une sensation visuelle qu'à la suite de l'excitation de la face interne du lobe occipital, dans la région de la fissure calcarine, ou reviviscence d'une sensation auditive qu'à la suite de l'excitation de la première circonvolution temporale et des circonvolutions transverses, etc. ?...

Dira-t-on que c'est parce qu'il est nécessaire de déterminer l'activité des zones où sont conservées les images sensorielles auditives, visuelles, etc. ? L'aveu, d'abord, serait bon à retenir, car ceux qui ne veulent pas admettre que l'encéphale soit le siège unique de la sensation, sont en même temps les adversaires les plus résolus des localisations cérébrales. Mais de plus, c'est précisément quand on excite, non pas les zones mnésiques de telle ou telle faculté sensorielle, qui sont suffisamment connues dans leurs grandes lignes, mais l'aire corticale dont la lésion abolit la faculté sensorielle elle-même, qu'on obtient la sensation correspondante.

D'ailleurs l'excitation, soit pathologique, soit expérimentale, ne donne pas nécessairement une sensation qui rappelle une sensation passée : ce ne sera souvent qu'une sensation brute, une vision, une audition, que

le malade ne pourra préciser. Je vois, j'entends, dira-t-il. — Quoi ? — Je n'en sais rien.

Sans doute, de tels phénomènes ne peuvent pas être qualifiés de sensations externes, si l'on entend par là des sensations nécessairement déterminées par l'action sur nos organes périphériques d'une cause située hors de nous, puisque cette cause n'existe pas. Mais cela n'est pas nécessaire pour qu'il y ait sensation vraie. La sensation est essentiellement un état conscient créé par la modification d'une faculté sensorielle ; que cette modification soit produite par une excitation directe ou indirecte sur la faculté, peu importe, en vérité : je vois, j'entends, je goûte..., c'est-là l'essentiel, et je vois, j'entends, je goûte..., sans la participation de mes organes périphériques et de mes voies corticipètes ; donc le siège de ma modification sensorielle est ailleurs que dans ces organes et dans ces voies.

On a objecté que l'excitation du centre cortical visuel, chez l'aveugle-né, ne déterminait pas la sensation correspondante ; mais a-t-on jamais prouvé que ce centre fût normal ?... La seule connaissance de l'évolution maturative du système nerveux permet de supposer qu'il ne l'est pas. On sait que nos voies et nos centres ne sont aptes à fonctionner que lorsque la gaine de myéline s'est constituée dans celles de leurs parties qui en comportent l'existence, et l'on sait aussi que le développement de cette gaine, pour certaines de nos facultés sensorielles, est subordonné, partiellement, à l'influence d'excitations amenées par les voies périphériques. C'est pourquoi, par exemple, de deux enfants qui sont du même âge à dater de leur conception, si l'un est né avant terme, ce sera chez celui-là que la myéline apparaîtra le plus tôt dans les centres optiques. Que le rayon lumineux, même avant le fonctionnement sensoriel visuel, ait cette influence d'activer la maturation des centres, cela n'a pas de quoi nous étonner,

puisque nous avons déjà vu que son action ne se bornait pas à déterminer des phénomènes de vision, même chez l'individu normalement constitué. Chez l'aveuglé-né, aucune influence rétinienne n'ayant pu se produire sur les centres, j'estime, jusqu'à preuve du contraire, que ces centres ne sont pas encore arrivés à maturation.

Et à ce sujet, je remarque qu'il faut être fort circonspect sur le choix des jeunes animaux qu'on soumet à l'expérimentation sensorielle. Van Gehuchten, dans son magistral traité sur *l'Anatomie du système nerveux de l'homme*, appelle l'attention sur ce fait constaté par Bechterew, « que le faisceau pyramidal est complètement développé, au moment de la naissance, chez tous les animaux dont les petits courent librement dès qu'ils arrivent au monde, tandis que les fibres de ce faisceau sont dépourvues de myéline chez les petits des autres animaux (1) ».

De même, chez les petits des oiseaux que la mère ne nourrit pas, et qui doivent eux-mêmes se procurer leur subsistance dès les premières heures de leur éclosion, les appareils sensoriels de recherche, comme l'appareil visuel, sont déjà arrivés à maturité ; ils ne le sont pas, et ne peuvent, par conséquent, répondre à aucune excitation, chez ceux que les parents alimentent pendant un temps plus ou moins long après leur sortie de l'œuf.

L'insensibilité corticale n'est pas davantage une preuve qu'on puisse sérieusement alléguer contre l'existence de centres encéphaliques sensoriels. Le fait qu'en certains points de l'organisme, quels qu'ils soient, et serait-ce même l'écorce cérébrale, il n'existe pas d'appareils pour recevoir des ébranlements nerveux et les transmettre dans les centres tactiles et thermo-algésiques, ne saurait prouver, en effet, que ces centres sont inexistants.

(1) *Anatomie du système nerveux de l'homme*, p. 347 (Louvain, 1906).

Mais tout au moins, est-ce que je ne risque pas d'aller contre le simple bon sens en faisant de l'encéphale le siège des sensations ?... Car le bon sens paraît bien affirmer invinciblement que c'est dans l'organe périphérique que ce siège se trouve ; que c'est dans l'œil que nous voyons, dans l'oreille que nous entendons, etc... Mais prétendre, quand j'excite une voie nerveuse en un point quelconque de son trajet, que c'est bien là que je l'excite ; prétendre, quand j'interviens directement sur l'écorce, que c'est bien là que j'applique l'excitant, c'est aller aussi contre le simple bon sens, car le sujet a l'invincible conviction, dans ces cas, que c'est bien dans l'organe périphérique que l'excitation s'est produite. Faut-il donc renoncer désormais à consulter le simple bon sens ?... Oui et non. Qu'on en appelle à son témoignage dans les choses qui sont de sa compétence, rien de mieux ; mais qu'on lui interdise résolument de s'occuper de ce qui ne le regarde pas. Tout ce qu'il peut nous dire, en l'espèce, c'est que l'organe périphérique intervient dans les conditions normales de production du phénomène sensoriel. Lui demander de décider s'il intervient comme condition indispensable pour que la sensation puisse se produire ailleurs avec ses caractères normaux, ou s'il intervient de manière à ce qu'il soit lui-même, ou totalement, ou en partie, le siège de la sensation, c'est le faire sortir de son rôle et nous exposer nous-mêmes, en l'écoutant, à proférer sur ces questions d'impardonnables naïvetés.

Enfin, on peut se demander, et on n'a pas manqué de le faire, à quoi pouvait bien servir la constitution spéciale des différents dispositifs périphériques des organes des sens, si la sensation se fait dans l'écorce cérébrale. Il est facile de répondre. S'il suffit, en effet, d'exciter massivement les territoires encéphaliques pour provoquer les diverses sensations, dans ce qui les constitue *essentiellement*, il est nécessaire, pour

obtenir les détails des différentes *modalités* de chacune d'elles, d'une excitation ménagée que l'expérimentation ne nous permet pas de produire, et qui est providentiellement assurée par la différenciation du récepteur périphérique et des voies de transmission. Si l'ébranlement nerveux est indifférent au point de vue de la *spécificité* du résultat, puisqu'il détermine un mouvement, une sécrétion, tout aussi bien qu'un phénomène sensoriel quelconque, il n'est pas indifférent au point de vue de la *qualité* de ce résultat. Le mouvement sera plus ou moins brusque, plus ou moins étendu ; la sensation tactile, ou visuelle, ou autre, sera plus ou moins intense, plus ou moins précise, suivant l'énergie de la sommation nerveuse et suivant son point d'application dans le centre cortical intéressé, dont toutes les cellules, bien que différenciées en vue de la même sensation, ne sont peut-être pas également aptes à donner les mêmes modalités sensorielles. La nécessité de fournir aux centres un ébranlement réalisant ces conditions, légitime suffisamment, à elle seule, la différenciation spéciale de chacun de nos dispositifs extra-corticaux, sans qu'il soit nécessaire, pour l'expliquer, d'admettre que c'est en eux que le phénomène sensoriel proprement dit s'accomplit.

Les caractères anatomiques de cette différenciation de nos différents organes des sens nous sont connus ; ce qui nous échappe, c'est leur adaptation physiologique. Nous savons seulement que l'extrémité périphérique d'une voie de sensorialité, en relation, par exemple, avec le territoire cortical de la gustation, ne sera pas accessible à l'action de l'excitant qui ébranle normalement l'extrémité périphérique d'une voie de sensorialité en relation avec le territoire cortical de l'audition : il existe donc des excitants, appelés *spéciaux*, qui sont appropriés aux différents organes des sens. D'autre part, il existe aussi des excitants *géné-*

raux mécaniques, physiques et chimiques, dont l'action, appliquée à n'importe quelle voie de sensorialité, donnera toujours la sensation correspondante, tant que cette voie sera capable de conduire l'ébranlement dans la zone corticale où elle aboutit. Mais si les cellules de sensorialité de cette zone, recevant de ce chef un ébranlement différent de celui qui leur arrive d'ordinaire, sous l'influence de l'excitant spécial, ne donnent pas une sensation normale en tous points, en paraître surpris, et en faire état pour prouver que le cerveau n'est point l'unique siège de la sensation proprement dite, ne pourrait démontrer autre chose qu'une ignorance déplorable des conditions de fonctionnement de nos organes périphériques, de nos voies et de nos centres de sensorialité.

Je n'ai plus à vous dire que quelques mots d'une question que plusieurs raisons ne me permettent pas de traiter ici dans toute son ampleur, mais qu'il me faut au moins signaler.

III

LA DOCTRINE DE LA LOCALISATION DES ÉLÉMENTS SENSORIELS ENCÉPHALIQUES, CONSIDÉRÉE DANS CE QU'ELLE A D'ESSENTIEL, EST FONDÉE SUR DES BASES INÉBRANLABLES

La fonction sensorielle est une fonction organique, une fonction qui utilise par conséquent, de toute nécessité, l'activité de certains éléments anatomiques ; or ceux-ci sont nécessairement localisés quelque part, et quelque part dans l'encéphale, soit qu'ils interviennent comme siège de la sensation, ce que je regarde comme absolument démontré, soit que leur action se borne à

n'être qu'une simple condition *sine qua non*, ce que tous doivent admettre comme un minimum.

Mais la doctrine des localisations va plus loin : elle prétend pouvoir déterminer l'emplacement occupé dans l'encéphale par les éléments dont je parle. Cela est possible, en effet, si l'on consent à ne vouloir tracer à ces territoires sensoriels que des limites approximatives. Entendue dans ce sens, qui seul est essentiel, la doctrine des localisations n'a subi encore aucun échec.

Dire que des suppléances sont possibles, que certains éléments, tout en manifestant une prédominance fonctionnelle pour telle catégorie d'activité psychique, gardent cependant une aptitude foncière à en exercer une autre, ce n'est pas contredire le fait d'une localisation de ces éléments. En réalité, et au moment où on les considère, ils exercent ou bien le rôle pour lequel ils ont une prédominance fonctionnelle, ou bien un rôle de suppléance : dans les deux cas leur activité psychique est localisée comme ils le sont eux-mêmes, et dans l'encéphale.

Aucune dénégation philosophique ne réussira à ébranler la doctrine basée sur ces notions élémentaires, ni non plus aucune observation anatomo-clinique. Tout ce que l'on pourra mettre en doute, ce sera l'exactitude de certaines déterminations topographiques qu'on a eu tort de vouloir fixer avec trop de précision, ou qu'on a pu vérifier chez quelques individus particulièrement atypiques. Mais la doctrine n'a rien à craindre de ces constatations. Elle s'applique, dans ses traits essentiels, même aux sujets dont la constitution encéphalique s'éloigne le plus de la normale ; si ces sujets, en effet, présentent des phénomènes indubitablement sensoriels, il existe certainement quelque part, dans leur masse nerveuse crânienne, des éléments anatomiques qui rendent ces phénomènes possibles : ces éléments sont localisés, et ces phénomènes aussi.

Quand je dis qu'aucune dénégation philosophique ne réussira à ébranler, dans ce qu'elle a d'essentiel, la doctrine des localisations, je fais allusion à l'opposition irréductible que rencontre cette doctrine chez un certain nombre de philosophes. Il est assez intéressant d'observer que M. P. Marie est devenu subitement la grande autorité de tous ces anti-localisateurs. Ont-ils lu, compris, discuté ses arguments ?... Il y a d'excellentes raisons d'en douter. Sont-ils entraînés à la suite de l'illustre professeur par le respect que leur impose sa science neurologique ?... Mais d'autres savants, non moins remarquables que M. Marie, défendent contre lui la doctrine des localisations, sans que leur renom scientifique paraisse produire la moindre impression sur les philosophes opposants. Faut-il en conclure que ceux-ci sont tout simplement poussés par une sorte d'instinct de conservation qui les porte à s'attacher, de confiance, à ceux qui leur paraissent penser comme eux ?... Le fait de s'abandonner à cet instinct supposerait, ici, et cela serait grave, une méconnaissance complète de l'état même de la question.

D'abord, M. Marie n'a jamais mis en doute, que je sache, l'existence des centres sensoriels de projection. Or, c'est précisément dans ces centres que s'accomplit la sensation, et cela, M. Marie l'admet encore, probablement, avec tous les neuro-physiologistes. La controverse actuelle porte uniquement sur les centres mnésiques d'association dont l'ensemble constitue la sphère du langage. Et encore n'est-il pas question de l'existence ou de la non existence de localisations sensorielles mnésiques intervenant dans cette fonction ; il s'agit simplement de déterminer les limites topographiques et les subdivisions de ces localisations. Marie pense avoir de solides raisons de rejeter la topographie ancienne, et il se refuse aussi à « diviser *ex professo*, dit-il lui-même, comme le font les auteurs classiques,

la zone de Wernike en centres distincts ayant chacun une fonction spéciale (1) » Mais cette zone de Wernike, au moins, existe, et Marie ne répugne nullement à y localiser les images sensorielles, dont l'existence s'impose, et dont il ne songe pas à nier la réalité.

Les philosophes anti-localisateurs de toute nuance font donc fausse route en s'aventurant sur les traces de M. Marie, et s'ils sont scolastiques, peut-être seront-ils un peu surpris de s'apercevoir quelque jour que sous le patronage de ce singulier ennemi des localisations, ils risquent d'admettre, non plus seulement que la fameuse zone de Wernike est un centre d'images sensorielles, mais aussi « un centre *intellectuel* » (2). Il ne leur plaira sans doute pas davantage de se rendre compte que le savant, dont ils invoquent l'autorité, après avoir admis la possibilité de l'existence, chez l'homme actuel, d'un centre cortical du langage parlé, que ne possédait pas l'homme primitif, rejette l'idée d'un centre graphique, pour cette raison qu'il n'y a pas encore assez longtemps que l'homme écrit (3).

Si nous laissons de côté toutes ces considérations, pour examiner les choses en elles-mêmes, nous serons obligés d'admettre qu'il existe des sphères sensorielles corticales de projection, dont les limites peuvent être plus ou moins indécises, mais dont l'existence ne fait aucun doute. Quant à la question spéciale des centres secondaires de la zone du langage, il me semble que la controverse soulevée par Marie aura pour résultat, non pas de prouver que ces centres secondaires n'existent pas, mais qu'on ne saurait être trop prudent lorsqu'il s'agit d'en déterminer la localisation exacte. J'aime à croire que vous partagerez aussi ce sentiment si vos occupations vous ont laissé assez de loisirs

(1) *Sur la fonction du langage*, REVUE PHILOSOPHIQUE, 1907, p. 214.
(2) *Ibid.*, p. 216.
(3) *Ibid.*, p. 218.

pour vous mettre un peu au courant de cette question, dont la bibliographie est déjà excessivement chargée.

A l'heure où je vous parle, l'observation la plus récente qui ait été publiée contre la doctrine des localisations, est, je pense, celle de M. R. Robinson. La communication en a été faite à l'Académie des Sciences de Paris, dans la séance du 22 décembre 1913.

L'auteur rappelle que « Goltz a pu détruire en 1889 la plus grande partie du cerveau de deux chiens, qui ont survécu pendant un an sans grands troubles cérébraux ». Cela est vrai, en effet ; mais il y avait pourtant quelques troubles, et précisément des troubles spéciaux en rapport avec la lésion de territoires prétendus spéciaux. D'ailleurs Robinson ne doit pas ignorer qu'il s'agissait dans l'expérience de Goltz, d'une simple décortication, que la circonvolution uniforme fut laissée intacte dans les deux hémisphères, qu'une partie des lobes olfactifs fut conservée, et que les masses grises sous-corticales, intentionnellement respectées, ne furent que très légèrement lésées par accident au cours de l'expérience. Il n'est pas étonnant que dans de pareilles conditions l'animal ait pu paraître normal au premier abord. L'expérience de Goltz ne prouve ni contre la localisation des éléments enlevés, puisqu'il y eut des déficits, ni contre la localisation de ceux qu'on avait épargnés, puisque certaines fonctions restèrent normales.

Le cas anatomo-clinique d'observation personnelle que Robinson rapproche de l'expérience de Goltz lui paraît démontrer « la fragilité de la doctrine des localisations cérébrales ». Un mois après une blessure à l'occiput, un hémophile de 62 ans a présenté une stase notable de la papille gauche. Avec cela, intelligence légèrement atteinte ; troubles du langage (peut-être attribuables, dit l'auteur, au manque de dents) ; érotomanie d'autant plus surprenante que le sujet s'était

montré jusque-là très pudique ; audition, gustation, tactilité à peu près normales, mais vision de plus en plus faible. Après la mort, survenue au bout d'un an, au cours d'une attaque d'épilepsie jaksonienne, l'examen de l'encéphale a révélé que les lobes frontaux, pariétaux, temporaux, occipitaux, « étaient en *très grande partie* mortifiés ».

Ce cas n'est pas plus contraignant, à mon sens, que celui des chiens de Goltz. Si les troubles sensoriels proprement dits relevés au cours de l'affection ne paraissent pas en rapport avec l'étendue des dégâts histologiques de l'encéphale, n'est-ce pas, en effet, parce que des suppléances ont pu se produire à mesure que progressait la mortification corticale ?... Et cela peut bien prouver qu'une fonction, normalement localisée dans une zone, peut pathologiquement se localiser dans une autre, mais nullement que les fonctions ne sont pas localisées.

Il en est probablement de même des deux cas que Robinson rappelle, et qui ont été présentés par Van Gehuchten à l'Académie de médecine de Bruxelles, le 28 juin 1913.

Sur la fin de sa communication, Robinson émet l'avis que « la doctrine des localisations basée sur des expériences insuffisantes, doit être revisée ». Revisée, oui ; supprimée, assurément non. « Il est probable, ajoute l'auteur, que des compensations se font dans l'intimité mutuelle des éléments nerveux ». Oui encore, mais cela, une fois de plus, ne prouve pas que ces éléments ne soient point localisés, et avec eux la fonction qu'ils remplissent dans les sujets normaux, et celle même qu'ils exercent, en vertu du mécanisme de compensation, dans les organes pathologiques.

CONCLUSIONS

En tenant compte de tous les phénomènes que je viens de vous rappeler, voici donc comment le phénomène sensoriel doit être conçu.

Prenons comme exemple, si vous le voulez, une sensation tactile. L'excitant, par exemple mon doigt promené sur la surface cutanée des hypocondres, en abordant l'organisme, exerce d'abord son action sur la couche cornée et la couche cellulaire sous-jacente de l'épiderme, avant d'intéresser les premières fibres nerveuses dont l'extrémité puisse être excitée. Ces fibres, en effet, qui sont les fibres intra-épidermiques à terminaison libre, ne pénètrent que rarement dans le stratum granulosum ; elles ne dépassent guère, en

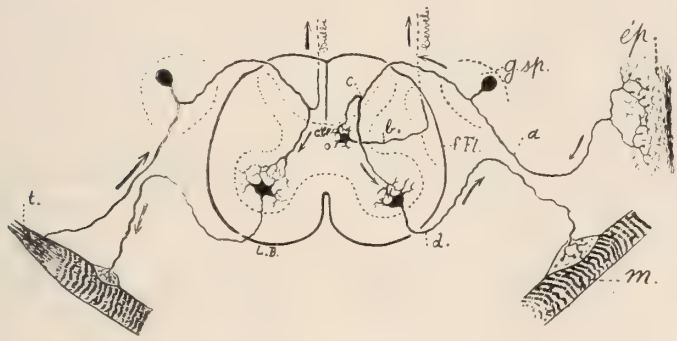

Fig. 7. — Schéma d'un dispositif sensorio-moteur

général, le corps muqueux proprement dit. Les terminaisons nerveuses une fois atteintes, il se propage, à travers le prolongement cellulipète, le corps cellulaire et le prolongement cellulifuge du neurone du ganglion spinal auquel appartiennent ces terminaisons, quelque chose dont on pourrait déceler la présence au galva-

nomètre, et qui est l'ébranlement nerveux. Le prolongement cellulifuge dont je viens de parler, après avoir pénétré dans la moelle, par exemple en contournant la corne grise postérieure, comme l'indique la figure 7, se divise en deux branches. L'une d'elles, comme nous l'avons déjà vu, va transmettre l'ébranlement à un neurone qui le transportera dans les muscles des flancs, d'où le réflexe bien connu du chatouillement. L'autre communiquera le même ébranlement à un premier neurone, chargé de le transporter jusque dans l'écorce cérébelleuse d'où, par l'intermédiaire de neurones nouveaux, il sera transmis de l'écorce cérébelleuse au corps olivaire, du corps olivaire à la couche optique, et enfin, de la couche optique dans l'écorce grise cérébrale des circonvolutions centrales et du lobule paracentral. Là, l'ébranlement venu de la périphérie épidermique, déterminera dans des cellules particulières une modification, aussi inconnue qu'il est inconnu lui-même dans sa nature intime, mais d'où résultera un état conscient spécial, qui sera précisément la sensation tactile.

Je dis que l'ébranlement nerveux nous est inconnu dans sa nature intime, et nous ne le connaîtrons probablement jamais adéquatement, tel qu'il est en lui-même; mais nous savons pourtant que considéré dans ses constitutifs anatomiques et purement matériels, il ne saurait être autre chose, au départ, étant déterminé par un simple frottement mécanique, qu'une simple rupture d'équilibre, soit massive, soit moléculaire, et il est probable qu'il conserve ce caractère sur tout son trajet, puisqu'au terme d'une des voies de bifurcation, il peut être suppléé par l'action directe d'un agent mécanique, physique ou chimique, sur le muscle, et au terme de l'autre, par l'action directe du même agent sur les cellules corticales sensorielles.

Il ne faut pas oublier toutefois que cet ébranlement,

par le caractère vital des éléments où il se produit et dans lesquels il se propage, ne peut être complètement assimilé à un simple phénomène physique, et que toutes les tentatives que l'on a faites jusqu'ici pour le plier aux lois de la matière pure, ont échoué.

Je n'ignore pas que la façon de concevoir la sensation, telle qu'elle résulte de l'exposé que je viens de vous en faire, est loin de résoudre toutes les difficultés du problème sensoriel. Vous pourriez me demander comment il se fait, si la sensation, considérée dans ce qu'elle a d'essentiel, se réduit à une modification consciente du sujet, que nous puissions arriver à nous rendre compte que cette modification n'est pas nécessairement subjective dans ses causes, mais qu'elle peut être déterminée par un excitant étranger à notre moi ; car le champ de notre conscience ne s'étend pas hors de nous ; il se limite à notre personnalité. Mais cela est vrai quelle que soit l'idée que l'on se fasse de la sensation, et par conséquent toute théorie sensorielle, quelle qu'elle soit, se heurte à la même difficulté ; elle doit expliquer comment, de la conscience de ce qui se passe en nous, nous pouvons conclure à l'existence et à l'action sur notre organisme de ce qui est hors de nous. On a trouvé commode de supprimer cette difficulté inévitable en affirmant que nous n'avions pas besoin de sortir de nous pour prendre conscience de l'excitant, celui-ci étant en nous par son action : « *actio est in passo* ». Mais précisément, cette action de l'excitant, en tant qu'elle est en nous, qu'est-elle autre chose que nous modifié ? Et encore cette action de l'agent, qui se résout en une pure modification subjective, ne la percevons-nous pas immédiatement ? Ce n'est pas en effet l'ébranlement nerveux produit dans les dernières ramifications du prolongement cellulifuge de quelqu'un de mes neurones spinaux, qui tombe sous ma perception sensorielle immédiate, mais l'état subséquent qui dérivera de cet ébranlement initial.

Tous les physiologistes se demandent aussi comment, en partant de l'état conscient créé dans la faculté sensorielle cérébrale par l'action périphérique d'un agent extérieur, nous pouvons arriver à la connaissance de l'endroit précis où cet agent est entré en contact avec l'organisme. Ce phénomène psycho-physiologique a reçu le nom de localisation périphérique de la sensation, mais bien à tort, car ce n'est pas la sensation que nous localisons à la périphérie, c'est le point d'application de l'excitant, et ce sont là deux choses qu'il importe de ne pas confondre. Ceux-là seuls peuvent se permettre, pratiquement, de ne pas les distinguer, qui font de l'organe périphérique le siège et de l'excitation et de la sensation. C'est, de nouveau, résoudre la difficulté en la supprimant, ou plutôt en essayant de la supprimer, car elle reste, après cette explication, tout aussi entière que la précédente.

En effet, la perception sensorielle, ou bien se fait à l'endroit précis où l'agent externe aborde l'organisme, ou bien elle se fait ailleurs qu'en ce point exact. Dans ce dernier cas, le problème de la localisation de l'excitation sensorielle se pose nécessairement, que la perception se fasse dans les organes périphériques ou le long des voies centripètes, et alors je demande à mon tour comment on le tranche. Que si la perception s'accomplit au point même où l'excitant entre en contact avec l'organisme, c'est évidemment là que je dois localiser son action : sur la cornée pour la sensation visuelle, sur la membrane du tympan pour la sensation auditive, etc. Or à qui la conscience a-t-elle jamais fait percevoir immédiatement une pareille localisation du point d'application de l'excitant ? Si, pour sortir de cette difficulté, on prétend que nous localisons seulement là où l'excitant commence à intéresser le système nerveux, puisque c'est le système nerveux seul qui est immédiatement différencié en vue de la sensation, je demande

de nouveau à qui la conscience a jamais affirmé, en vertu d'une perception immédiate, que l'objet externe affecte les cellules à cône ou à bâtonnet, et que c'est là que se produit la sensation visuelle, ou qu'il affecte les terminaisons des cellules du ganglion spiral, dans l'organe de Corti, et que c'est là que se produit la sensation auditive ?... Une seule sensation semble privilégiée au point de vue de la localisation de l'excitant, et cela parce qu'elle utilise le précieux contrôle de la sensorialité visuelle : c'est la sensation de tact. Nous localisons tactilement là où visuellement nous percevons que l'excitant est appliqué ; mais précisément nous localisons alors hors des appareils nerveux, puisque ces appareils n'atteignent jamais la périphérie épidermique et que c'est là pourtant que nous situons l'action initiale de l'excitant.

Quant au fait des localisations illusoires, quelle que soit la région de l'organisme où l'acte sensoriel se pose, elle s'explique par la raison qu'ayant l'habitude de situer, pour une sensation donnée, le point d'application de l'excitant en un endroit déterminé, c'est là que nous le rapportons toujours, même quand il vient, pathologiquement ou expérimentalement, à être déplacé.

Je ne veux pas m'attarder davantage à ces questions, qui ne viennent pas directement à mon sujet. J'ai voulu seulement vous les signaler en passant, pour avoir l'occasion de vous dire que si leur solution soulève des difficultés, ces difficultés existent, quelque théorie de la sensation qu'on imagine. Là comme partout ailleurs, dès qu'on tente de pénétrer un peu profondément dans l'explication d'un fait, on ne tarde pas à toucher à l'inconnu, et à l'inconnaissable, et peut-être le résultat le plus précieux que nous puissions demander à toute recherche sérieuse, est-il simplement de nous faire connaître en quel endroit nous devons placer le mystère.

L. Boule, S. J.

L'INDUSTRIE AUTRICHIENNE

Depuis plusieurs années, la Hongrie poursuit avec ténacité l'exécution d'un programme qui doit lui assurer l'indépendance économique. Elle sera maîtresse de ses tarifs douaniers en 1917 ; en vue de cette échéance, le Gouvernement, dès 1906, a fait voter diverses mesures destinées à fortifier et à développer les industries nationales. Selon toute probabilité, les Autrichiens perdront sous peu le marché magyar, par la suppression de la communauté douanière, ou du moins la vente de leurs produits y sera entravée par des barrières protégeant les articles hongrois contre l'invasion de leurs concurrents de Cisleithanie. Les Hongrois s'illusionnent peut-être quand ils entrevoient leur patrie lancée dans l'expansionisme industriel : force sera néanmoins aux industriels autrichiens de chercher un débouché qui les dédommage de la perte de ce marché.

Une extraction de 16 millions de tonnes de charbon, de 27 millions de tonnes de lignite et d'un million et demi de tonnes de pétrole ; 4 800 000 broches dans les manufactures de coton ; 1 800 000 tonnes de fonte ; 23 millions d'hectolitres de bière et 1 900 000 tonnes de sucre ; 120 000 ouvriers dans l'industrie céramique ; des cristalleries, des verreries et des ateliers de meubles de grande réputation ; une exportation de produits manufacturés atteignant le milliard, telles

sont les grandes lignes schématiques dans lesquelles s'inscrit l'industrie autrichienne. Quelle est la prospérité de cette industrie ? Quelle situation lui créent les facteurs d'ordre géographique ou ethnographique ?

Il est certain que l'Allemagne avec ses 66 millions d'habitants possède une avance considérable sur l'Autriche-Hongrie qui n'en compte que 51 millions. L'Autriche seule n'atteint que le chiffre de 28 millions, mais comme le marché hongrois lui est jusqu'à présent assuré en fait, nous pouvons évaluer, Bosnie et Herzégovine comprises, à 51 millions, le marché de consommateurs dont vit l'industrie de la Cisleithanie.

La population de l'Autriche a doublé en 90 ans, s'élevant de 14 millions en 1820 à 28 millions en 1910. Malgré son coefficient de natalité élevé, l'Autriche voit donc sa population augmenter lentement : c'est que chaque année l'émigration lui enlève des travailleurs par centaines de mille et dans des proportions supérieures aux pertes subies par l'Allemagne il y a quarante ans. En 1906, 144 600 Autrichiens et 180 430 Hongrois ont quitté leur patrie ; en 1910, les statistiques enregistrent 146 400 et 133 260 départs. Depuis lors le nombre n'a plus augmenté sauf pendant l'année 1913.

Ces chiffres seuls ne permettent pas d'apprécier complètement l'importance de la perte subie ainsi chaque année par l'Autriche, car ils ne nous renseignent pas sur la valeur individuelle de l'émigrant. Or elle est considérable : les éléments qui quittent le sol natal pour s'établir aux États-Unis, en Argentine et au Canada, font brèche dans la force vive du pays. Il faut les voir à Laibach s'entasser dans un bureau d'agence de compagnie de navigation, ou à Trieste sur le point de s'embarquer, ou encore dans les rues d'Anvers pendant les jours qui précèdent le départ des transatlantiques, pour apprécier la perte de main

d'œuvre jeune, valide, vigoureuse, que subit l'industrie nationale. En considérant la haute taille et la robuste carrure de ces campagnards, le nombre des enfants qui accompagnent leurs parents, on songe au vide que ces départs continuels doivent causer dans les régions travaillées par les agences d'émigration.

La pauvreté et la faible augmentation de la population ont avant tout leur répercussion sur l'industrie du bâtiment dont la stagnation ou la prospérité entrave et amène l'essor de la plupart des autres. La fabrication du ciment et des briques, la construction des meubles, le travail du fer et des métaux, la confection des vêtements, l'agrandissement des villes, l'installation de nouvelles voies de transport, l'érection de bâtiments scolaires dépendent très étroitement du mouvement de la population.

Mais le chiffre absolu de la population n'est pas un indice suffisant pour permettre d'apprécier la capacité de consommation et de production du marché national. Le degré de culture de cette population doit entrer en ligne de compte.

D'après une statistique autrichienne, la population allemande et tchèque renferme fort peu d'illettrés; mais chez les Slovènes on en compte 24 °/₀, chez les Polonais 41 °/₀, chez les Roumains de Bukovine 71 °/₀, chez les Serbo-Croates de Dalmatie 74 °/₀, chez les Ruthènes 76 °/₀, en Bosnie et Herzegovine 90 °/₀ et au delà. Supposons qu'en vue de compenser l'infériorité numérique de l'élément allemand et de justifier sa situation politique privilégiée, cette statistique ait quelque peu exagéré le nombre des illettrés des autres races, il n'en est pas moins évident que ces populations dans leur ensemble ne peuvent être comparées à celles de l'Europe occidentale. Or, le degré d'instruction d'une population reflète et manifeste son pouvoir d'achat, son *standard of life*. Ces populations rurales, pauvres, simples et arriérées,

et dont la vie s'écoule loin des grands centres d'activité industrielle, ne constituent pas un marché de consommateurs comparable à celui qu'offrent les régions de population dense de la Ruhr, de l'Allemagne rhénane, de la Belgique, de l'Angleterre ou du nord de la France.

Aussi la consommation de charbon, de fer, de sucre, de bière, de coton, de pétrole, de tabac, par tête d'habitant, est-elle en Autriche et en Hongrie bien inférieure au taux qu'atteignent l'Allemagne, la Belgique et l'Angleterre. Plusieurs revues allemandes et autrichiennes dressent à ce sujet des tableaux chargés de chiffres éloquents ; tous ne sont pas concordants, mais tous manifestent l'infériorité de la population autrichienne comme marché de consommation.

L'Allemagne qui ne possédait après la guerre que dix villes de plus de 100 000 habitants, en compte actuellement au delà de quarante, dont vingt-deux ont au moins 200 000 habitants. La France, pays où les populations vivant de l'agriculture sont encore nombreuses, compte quinze villes de plus de 100 000 habitants. L'Autriche n'en a que six, et la Hongrie deux. L'Autriche n'a même qu'une centaine de localités de 10 000 habitants et au delà, tandis que l'Allemagne en possède cinq fois plus. Les trois quarts de la population de l'Autriche sont donc groupés dans des localités de 500 à 5000 habitants (1). Or, la population urbaine constitue, pour l'industrie, une clientèle supérieure à la population rurale. La construction d'immeubles plus vastes et mieux aménagés, l'érection et l'entretien de grands édifices publics, gares, banques et hôtels, l'industrie des transports urbains, les ouvrages de canalisation d'eau et les diverses entreprises de services publics, la fascination des grands magasins et l'excitation à la dépense, procurent aux industries un débouché bien plus large et plus étendu

(1) JAHRBÜCHER FÜR NATIONALŒKONOMIE UND STATISTIK, 45 Band. VI Heft.

qu'à la campagne. Les villes, et par ce mot nous n'entendons pas les localités autrichiennes de 5000 habitants, exercent en outre une forte attraction sur les populations rurales des environs qui viennent s'y fournir et s'y approvisionner. Aussi dans les régions et les pays où les grandes villes sont rares, la division du travail est-elle poussée moins loin et les habitants des campagnes deviennent-ils par le fait même de leur isolement les soutiens de l'industrie domestique rurale.

C'est dans la partie orientale de l'Autriche, en Bukovine, que cette industrie domestique constitue surtout le complément normal et habituel de la vie des champs. Les populations agricoles y construisent elles-mêmes leurs maisons, fabriquent leurs outils et leurs ustensiles, confectionnent leurs vêtements et leurs chaussures ; le paysan file et tisse le chanvre ou la laine grossière de son troupeau, et les plantes tinctoriales lui procurent les ingrédients nécessaires aux bains de teinture (1). L'isolement de la Bukovine et sa situation géographique expliquent ce régime économique. Encerclée par de hautes montagnes à l'Ouest, et bordée par les steppes russes à l'Est, elle n'est traversée que par une voie ferrée, la grande artère Lemberg-Bucarest ; mais ce régime n'est pas inconnu même dans certaines régions occidentales de la monarchie. Dans cette partie de l'empire, des travailleurs ambulants ou nomades sont hébergés par l'agriculteur jusqu'à ce qu'ils aient achevé soit les vêtements soit les chaussures nécessaires au ménage pendant l'année courante. Outre la nourriture et le logement, ces « Störarbeiter » reçoivent comme salaire quelques pièces de tissus ou quelques articles de ménage fabriqués sur place. La monnaie n'entre que rarement et pour de petites sommes

(1) Zeitschrift für Volkswirtschaft, Sozialpolitik und Verwaltung, 19 Band, VI Heft.

dans ces règlements de compte. L'enquête du gouvernement sur l'industrie à domicile a montré que même en Styrie, pendant les longues soirées d'hiver, les paysans, aidés de leurs enfants et du personnel de la ferme, filent et préparent le chanvre ou la laine en vue du passage de l'ambulant, du « Störarbeiter » à qui l'on confiera au printemps les antiques rouets et les métiers primitifs transmis de génération en génération. Dans le Tyrol, sanctuaire des traditions, c'est l'industrie domestique qui est prépondérante. Cette industrie textile à domicile est très répandue aussi en Carniole, dans la région de Salzbourg et plusieurs localités de la Basse-Autriche.

Quoi d'étonnant dans ces conditions que le troc soit encore en usage à la campagne! A Lilienfeld, par exemple, petite localité de la Basse-Autriche (1), les Hongrois viennent en automne échanger leurs céréales contre le bois que les paysans, propriétaires de petites scieries, ont rassemblé dans ce but. L'esprit routinier de ces populations, leur méfiance vis-à-vis de toute nouveauté, leur conservatisme obstiné constituent un gros obstacle au développement de l'industrie et du commerce. Beaucoup de ces ruraux ne vendent quasi rien ; des paysans qui possèdent un assez beau cheptel n'acquièrent aucun produit, aucun article de fabrication industrielle. L'argent, la monnaie leur fait défaut, ils n'ont pas franchi le stade de la *Naturalwirtschaft*.

L'industrie domestique rurale est aussi représentée par deux groupes de travailleurs sédentaires dont l'activité économique offre des caractères bien différents. Le premier, le « Heimarbeiter » ne se livre en somme qu'à un travail supplémentaire dont le revenu s'ajoute à celui qu'il tire de ses occupations ordinaires : il pro-

(1) ZEITSCHRIFT FÜR VOLKSWIRTSCHAFT... l. c.

duira des ouvrages de broderie, des fruits secs, du vin, du jambon fumé. Le « Hausarbeiter », au contraire, transforme son « home » en atelier de travail : il y peine pour le compte de celui dont il reçoit la matière première. Les industries du bois, de la poterie, du verre, de la vannerie comptent un grand nombre de ces artisans dispersés. Ils sont plusieurs milliers au Tyrol.

En général, le niveau des salaires en Autriche est inférieur à celui des ouvriers anglais et allemands.

L'ouvrier de l'industrie textile gagnait en 1901 2 couronnes par jour, l'ouvrier mécanicien 4, l'ouvrier métallurgiste 3 et l'ouvrier chimiste 2.50. En 1907, les salaires touchés par les 142 500 ouvriers employés dans les mines et salines, atteignaient la somme de 129 millions de couronnes, soit une moyenne de 918 couronnes. En France, les 200 000 ouvriers de l'industrie houillère ont reçu en 1911 300 millions de francs de salaires, soit une moyenne de 1500 francs. En Allemagne, les 360 000 ouvriers de l'industrie houillère ont reçu en 1912, 570 millions de marks en salaires, soit 1580 marks en moyenne.

Les salaires modiques de l'Autriche peuvent en partie et pour quelques industries compenser les conditions moins favorables de la production. Palmer exagère sans doute dans son ouvrage *Austro-Hungarian life in town and country*, quand il déclare que, sauf la Russie, aucun pays d'Europe ne payait des salaires aussi bas que l'Autriche ! — mais le faible pouvoir d'achat de la masse ouvrière n'a-t-il pas son contrecoup sur l'industrie en général ?

Si l'Autrichien-allemand et le Tchèque (1) sont natu-

(1) 50 % de la population industrielle est allemande, quoique les Germains ne représentent que le tiers de la population totale de l'Autriche. En Bohème, 28 % d'Allemands et 41 % de Tchèques s'occupent d'agriculture ; 61 % d'Allemands et 47 % de Tchèques vivent d'industrie et de commerce.

rellement bien doués pour les recherches et les occupations scientifiques et les travaux manuels, il leur manque les capacités commerciales de l'Allemand. Depuis des siècles, l'Allemagne possède dans ses villes hanséatiques et dans les grandes places d'affaires comme Francfort, Leipzig, Nuremberg, des centres où l'esprit commercial a pu se développer. En outre, l'appui que l'industrie allemande a toujours trouvé auprès des négociants allemands n'est pas une des moindres causes de son développement et de sa situation prépondérante sur les grands marchés du monde. L'existence même des petits états allemands, malgré ses réels inconvénients, a été un bienfait pour le développement industriel du pays. Ces états secondaires ont créé un certain nombre de centres d'éducation et de culture; presque chacun d'eux avait une université et chaque prince s'efforçait de doter son pays d'une industrie propre. Il était donc tout naturel qu'à la suite de l'union politique, une puissante industrie naquît sur un terrain si heureusement préparé.

On a vite fait de déclarer que les Autrichiens manquent d'esprit d'entreprise, appréciation contre laquelle ils protestent et avec raison. Mais qu'ils soient moins hardis, moins audacieux que les Allemands, qu'ils n'attachent pas la même importance que d'autres à la rapidité, au gain de temps, plusieurs d'entre eux le reconnaissent sans peine. Il est certain qu'aux États-Unis, l'immigration et l'afflux constant de gens décidés, débarquant à New-York avec l'intention de se faire une nouvelle vie, doivent créer un milieu où les qualités d'initiative se développeront aisément. Le « self made man » est fier de sa situation et toujours considéré. En Angleterre, le commerce maritime, les carrières coloniales et le régime successoral entretiennent et favorisent au plus haut point ce même esprit d'initiative. Les victoires de 1870 et la formation de l'unité

impériale n'ont-elles pas aussi enhardi et comme lancé les Allemands ? Mais en Autriche, les amputations territoriales, les souvenirs de 1859 et de 1866, la perte du débouché italien, le krach de 1873 qui ébranla profondément l'industrie et les bases du crédit, la forte concurrence de l'Angleterre jusqu'à l'établissement du tarif protecteur de 1878, ont plutôt déprimé les énergies, entretenu et favorisé une prudence outrée et une circonspection voisine de la timidité, sans compter que la perpétuité des dissensions intérieures, la perspective des difficultés ou d'une rupture avec la Hongrie, le renouvellement décennal si laborieux de « l'Ausgleich » ne peuvent que renforcer les craintes, multiplier les hésitations et retarder la conclusion d'affaires qui ne demandent pour naître qu'un horizon plus serein.

Il y a plus, l'Autriche ne possède, pour le soutien et le développement du commerce, aucun de ces avantages naturels et si enviables qu'une situation géographique favorable ou une heureuse dispersion de voies de communication assurent à plusieurs contrées de l'Europe occidentale. On peut dire qu'elle ne touche pas à la mer. La région industrielle et manufacturière est la région germano-tchèque du Nord, et à quelle distance ne se trouve-t-elle pas de la mer du Nord, de l'Adriatique et de l'Océan ? Sans doute la côte orientale de l'Adriatique appartient à la monarchie, depuis Trieste jusqu'à Spizza, mais au point de vue du commerce avec l'étranger, l'Autriche ne peut utiliser qu'un seul point de cette côte, Trieste. Or, Trieste est isolé et comme séparé du reste du pays par le Karst, immense plateau pierreux, triste, accidenté, désert et ravagé. La route de Vienne à l'Adriatique traverse deux massifs de montagnes et un pays dépourvu d'industrie. Ces obstacles joints aux tarifs élevés de la Sudbahn font que les produits autrichiens arrivent au port d'embarquement grevés de lourds frais de transport.

Les côtes de Dalmatie, séparées de l'hinterland par de hautes chaînes parallèles à la mer, n'offrent aucune voie de pénétration ; elles ne sauraient attirer le commerce maritime. De quelle activité d'ailleurs ce pays de 645 000 habitants dispersés sur 12 800 kilomètres carrés pourrait-il être le siège ? Pour y arriver par la voie de terre, ne faut-il pas traverser d'abord une bande de territoire hongrois ?

L'Allemagne, au contraire, par la voie du Rhin qui la coupe du Sud au Nord, est en relations directes, faciles, constantes avec la mer du Nord et l'entrée de la Manche, le carrefour des nations riches. Le Rhin est profond et utilisé sur 560 kilomètres de Kehl (Strasbourg) à la frontière hollandaise. Le long de ses rives ont surgi les usines métallurgiques, de produits chimiques et des hauts-fourneaux. Au confluent de ses meilleurs tributaires, la Ruhr, le Main, le Neckar, ont été construits des ports fluviaux, comme Duisburg, Mannheim, Ludwigshafen, Frankfort dont le trafic, l'outillage et le mouvement dépassent ceux des ports maritimes d'Autriche. Le Wéser, l'Elbe, l'Oder navigables et utilisés en fait sur 366, 615 et 656 km., le canal maritime Berlin-Stettin, constituent d'excellentes voies naturelles de pénétration, si bien que l'industrie autrichienne reçoit par elles une grande partie de ses matières premières. Le Danube est loin de rendre à l'Autriche les services que le Rhin procure à l'Allemagne. Les voies fluviales sont surtout utiles quand elles sillonnent des régions riches en combustibles, en minerais, en « Massengüter ». L'Autriche en possède peu et le Danube ne les traverse pas. La Styrie, la Moravie, la Silésie sont dépourvues de voies fluviales. Par son embouchure dans la mer Noire, le Danube perd, au moins pour l'Autriche, une partie de son importance commerciale ; quel débouché peuvent offrir les côtes sauvages et inhospitalières du Caucase et de l'Anatolie septentrionale ?

L'Autriche possède 6500 km. de voies navigables, mais en fait 2000 seulement, soit à peine le tiers, sont utilisés par la navigation ; 1320 sont accessibles aux vapeurs fluviaux (1). En France, on compte 16 700 km. de fleuves, rivières, lacs et canaux, classés comme navigables et flottables ; il n'y a en réalité que 12 000 km. de fréquentés. Le développement des voies où le mouillage de 2 mètres est assuré en tout temps s'élève à 6000 km. et cette partie du réseau reçoit 84 % du tonnage des marchandises embarquées. En 1905, le tonnage global des marchandises transportées par voie d'eau en Autriche a atteint 6 600 000 tonnes, en France 34 millions de tonnes et en Allemagne 103 millions. En Autriche la batellerie transporte 5 % du total des marchandises, en Allemagne la voie ferrée 75 % et le dernier quart est enlevé par les bateliers. Le trafic-marchandises des voies fluviales autrichiennes est égal à celui du port de Marseille qui atteint 8 millions de tonnes. La flotte du Rhin en 1911 comptait 2420 bateaux allemands de 2 millions de tonnes, et 5265 bateaux étrangers de 2 100 000 tonnes, soit 7685 unités et 4 100 000 tonnes. Sur le Danube circulent 2000 vapeurs de 900 000 tonnes. Le trafic rhénan a atteint 45 700 000 tonnes en 1911, celui du Danube 1 700 000 tonnes ; celui de l'Elbe autrichienne dépasse à peine 4 millions. A lui seul, le port de Mannheim a un mouvement de marchandises, entrées et sorties par eau, 4 fois plus grand que celui du Danube autrichien.

Sur la frontière austro-bavaroise comme le long de la frontière saxonne et silésienne, se dressent les chaînes de montagnes du Böhmer-Wald, de l'Erzgebirge, du Riesengebirge. Sans séparer les voisins, comme les Pyrénées, elles rendent cependant les

(1) La Hongrie possède un réseau de 5000 km. dont 3000 ouverts à la navigation à vapeur.

échanges et les relations plus pénibles et plus rares. Et que dire du Tyrol couvert de montagnes ? Quels sacrifices n'a pas coûtés la construction des trois grandes voies qui le traversent de Feldkirch vers Vienne, de Munich viâ Innsbrück vers Vérone par le Brenner ; de Munich et Salzbourg par les chaînes des Tauern, vers Villach et Trieste ?

La forme irrégulière du pays expose elle aussi l'industrie à voir sa clientèle nationale lui échapper, car celle-ci peut être servie plus facilement par les rivaux voisins. Les territoires qui composent la Cisleithanie ne constituent pas un bloc de forme régulière comme la France, ou l'Espagne ; ils sont dispersés le long des frontières depuis Czernovitz jusqu'à Prag, depuis Salsburg viâ Klagenfurth jusqu'à Cattaro. Or, l'Autriche ne possède en somme qu'une seule zone industrielle et les grands centres manufacturiers sont presque tous situés dans la région de Pilsen, Prag, Reichenberg, Oderberg, Brünn, Vienne. Leur position est vraiment désavantageuse. Situés dans la zone frontière du Nord, ils occupent une position trop excentrique par rapport à l'ensemble des consommateurs nationaux.

Dans ces conditions, Lemberg, Czernowitz, et la Bukovine d'une part, Trieste, Laibach et la Dalmatie de l'autre se trouvent à une distance énorme des producteurs, tandis qu'en Allemagne, la vie industrielle est développée dans toute la partie rhénane et westphalienne, dans la Saar, la Saxe, la Silésie, une partie de la Bavière. Ces régions sont sans doute d'importance inégale, mais cette répartition territoriale de l'industrie facilite la conquête du marché national et augmente sa puissance de consommation. En Belgique où l'exiguité du territoire compenserait l'inconvénient de la concentration de l'industrie, nous possédons cependant plusieurs districts industriels. En France, malgré la forte prédominance du nord et du nord-est, le centre

et le sud n'étant pas absolument dépourvus de charbon et pouvant être, grâce aux quatre façades maritimes, facilement ravitaillés de houille anglaise, l'industrie n'est pas concentrée comme en Autriche. Au Tyrol, par exemple, les produits autrichiens luttent difficilement contre la concurrence helvétique et celle de l'Allemagne du sud ; de là, l'importance du marché hongrois pour l'industrie autrichienne. La Transleithanie en comblant exactement la cavité du large croissant formé par les « Kronländer » autrichiens, prolonge ainsi vers l'est la zone qui constitue le débouché normal et naturel de la région manufacturière germano-tchèque.

De cette configuration du pays, de son relief tourmenté, de cette répartition géographique des industries, résultent des inconvénients qu'un réseau de chemins de fer étendu et bien desservi et des tarifs habilement combinés atténueraient dans une large mesure. Malheureusement pour l'Autriche, ses voies ferrées sont insuffisantes, les tarifs en général sont élevés, et l'exploitation du réseau laisse à désirer.

Le tableau suivant permet de comparer la situation de l'Autriche à celle des pays de l'Europe occidentale.

Pays	Km.	km. par myriam. carré	par 10 000 h.
Allemagne	62 000	11,4	9,3
Autr.-Hongrie	44 000	6.6	8,7
Belgique	8 600	28,8	11,4
France	50 400	9,2	12,6
Italie	17 200	6	5
Suisse	47 80	11,4	13,2

La Prusse sur ses 38 000 kilomètres de voie ferrée en possède 16 000 à double voie soit 46 %, la France 43 %, l'Angleterre 56 %, l'Autriche 13 %.

Pour l'exploitation de ses 38 000 km. la Prusse possédait en 1912

20 000 locomotives	soit	52	par	100	km.
39 000 voitures	»	103	»	»	»
420 000 wagons	»	1105	»	»	»

L'État autrichien pour son réseau de 14 000 km. possède 28 locomotives, 56 voitures et 560 wagons par 100 km. En 1912, l'État belge opposait à ces 560 wagons, le chiffre de 1844 véhicules à marchandises par 100 km. L'Italie même est supérieure à l'Autriche ; en 1912, elle avait par 100 km. 29 locomotives, 60 voitures et 620 wagons.

En 1910, 23 120 km. de chemins de fer étaient exploités en Autriche ; sur ce réseau ont été transportés 248 millions de voyageurs et 131 millions de tonnes de marchandises, rapportant respectivement 264 et 716 millions de couronnes. La même année (exercice 1910-1911) le réseau prussien-hessois atteignait 38 000 km., soit environ 40 °/₀ de plus que le réseau autrichien, et le nombre des voyageurs transportés est quatre fois plus grand, soit 1 milliard, le nombre de tonnes trois fois plus considérable, soit 353 millions (dont 140 millions représentent le charbon), mais les recettes ne croissent pas dans la même proportion. Les voyageurs ont fourni 726 millions de couronnes, les marchandises 1720 m. c.

Une comparaison en matière de tarifs est à tout le moins inutile. Le chiffre, ou la moyenne résultant de nombreux rapprochements, comporte tellement d'exceptions et de correctifs à cause de la complexité de ces tarifs, de leurs nombreuses classifications, de leurs conditions de réduction, qu'il perd en somme toute signification.

En général, les tarifs autrichiens ont la réputation d'être élevés. Il est vrai qu'en cette matière, commerçants et industriels ressemblent aux agriculteurs. Les

uns ne jouissent jamais du temps qu'ils souhaitent, les autres n'obtiennent jamais les tarifs qu'ils réclament.

Comme la configuration d'un pays ou sa richesse minière, la législation ouvrière et la politique sociale influent sur le développement, les progrès, la situation générale de son industrie. Il nous suffira d'indiquer ici les principales mesures dues à l'intervention du gouvernement et à l'initiative privée. Décrire les phases et étudier les monuments de cette législation, l'apprécier et rechercher sa part dans l'amélioration des intérêts moraux et matériels de la population, dépasse le plan de notre travail. Une idée d'ensemble, le tracé des grandes lignes suffit à notre but.

C'est à partir des années 1885-1890 que le travail de l'ouvrier et celui de ses enfants, le repos, le logement, les risques professionnels deviennent l'objet de la sollicitude des pouvoirs publics.

Les enfants au-dessous de 12 ans ne peuvent être employés d'une façon régulière dans l'industrie ; les enfants de 12 à 15 ans peuvent être employés pendant le jour seulement et pour une durée maxima de 8 heures, à la condition expresse que toutes les conditions d'hygiène soient sauvegardées et que les prescriptions légales concernant l'enseignement primaire soient observées.

Dans les usines, c'est-à-dire dans les entreprises occupant plus de 20 ouvriers travaillant ensemble dans un atelier commun et utilisant les machines sous la direction d'un patron qui ne participe pas au travail manuel, les enfants doivent être âgés au moins de 14 ans, et le travail de nuit leur est interdit. Quant à la journée des adultes, elle n'est limitée que dans les usines et les mines respectivement à 11 et à 9 heures.

Le repos dominical est d'obligation générale, sauf les exceptions que comporte la nature des industries à feu continu par exemple, ou le commerce des articles alimentaires.

La protection des ouvriers de l'industrie incombe aux autorités administratives, aidées dans cette mission par les inspecteurs du travail -- créés par la loi du 17 juin 1883 — et dont la juridiction s'étend à la fois aux grandes entreprises et aux échoppes de l'industrie domestique. L'hygiène, la sécurité et la durée du travail, les heures de repos et les salaires, les causes de renvoi rentrent dans leurs attributions. Ils ont le droit de pénétrer jour et nuit dans l'usine en activité et d'y interroger le personnel, mais ils ne peuvent que dénoncer les abus aux autorités locales et exprimer leurs doléances dans un rapport annuel au Ministre du Commerce.

L'assurance obligatoire contre les maladies et les accidents (1), inspirée par la législation allemande, date de 1888. Les dépenses de l'assurance-maladie sont supportées pour les 2/3 par les ouvriers et pour 1/3 par les patrons. Les frais de réparation des accidents du travail sont, en général, à la charge des patrons et employeurs pour les assujettis obligatoires ; en Autriche, toutefois, la participation des salariés est prescrite et atteint 10 % du montant des primes.

Les organes de l'assurance-accidents en Autriche sont basés sur le système de la division territoriale, et ne sont pas, comme en Allemagne, des caisses d'industries similaires. Dans ce but, la monarchie est divisée en sept grands districts possédant chacun une institution centrale ; ce sont les districts de Vienne, de Salzbourg, de Prag, de Brünn, de Graz, de Trieste et de Lemberg. L'institution centrale du district est dirigée par un comité placé sous le contrôle du Ministre de

(1) L'assurance-maladie est obligatoire pour ouvriers et employés techniciens dans l'industrie et la navigation ; elle est libre dans l'agriculture et l'industrie à domicile. L'assurance-accidents est obligatoire pour ouvriers et employés techniciens (jusqu'à 2000 marks) dans l'industrie, y compris les entreprises agricoles à moteur et la navigation.

l'Intérieur, et composé d'un nombre égal d'ouvriers, de patrons, et de fonctionnaires de l'État. Dans chaque district est institué un tribunal qui tranche souverainement les affaires dont il est saisi.

En 1901, les cotisations recouvrées ont atteint 32 millions de couronnes et les indemnités payées 18 millions.

En 1911, les cotisations recouvrées ont atteint 39 174 000 c. et les indemnités payées 25 millions (1).

La loi du 16 décembre 1906 a créé l'assurance invalidité au profit des employés des entreprises privées. Tandis que le législateur allemand avait été, en 1889, l'initiateur de l'institution de l'assurance obligatoire contre l'invalidité au profit des ouvriers et que le législateur autrichien ne l'a pas encore suivi dans cette voie, sauf pour les ouvriers des mines, c'est l'exemple de l'Autriche qui a déterminé l'Allemagne à organiser par sa loi du 20 décembre 1911 la même assurance au profit des employés.

L'État et les provinces favorisent et facilitent la construction des habitations ouvrières par de fortes détaxes de contributions accordées sous certaines conditions d'hygiène et de loyer.

Créé en 1898, l'Office de Statistique du travail rassemble, classe et publie tous les documents ou renseignements concernant le travail et la législation sociale. La Soziale Rundschau est son organe attitré. Il donne aussi les avis nécessaires à la confection des projets de loi. Institué en vue d'aider l'Office de Statistique, l'*Arbeitsrat* ou Conseil du Travail se compose du

(1) 1911.

Districts	Cotisations reçues	Indemnités
Vienne	10 307 000	6 734 000
Salzbourg	2 806 000	1 642 000
Prag	13 392 000	7 676 000
Brünn	5 881 000	2 592 000
Graz	2 355 000	1 459 000
Trieste	2 195 000	1 233 000
Lemberg	2 475 000	1 170 000

président et du vice-président de l'Office, de représentants des divers ministères et de membres nommés par le Ministre du Commerce ; il propose les enquêtes à faire, en réunit les résultats et émet son avis sur les propositions des lois ouvrières et sociales.

Instruction professionnelle, protection et inspection du travail, institution d'assurances sociales sont des mesures qui, prises dans leur ensemble, ne présentent en somme rien de caractéristique, si nous comparons l'Autriche aux autres pays industriels de l'Europe. Il n'en est pas de même de l'intervention de la loi en faveur du maintien des corporations. Il existe en Autriche, sur ce point spécial, des divergences de vue radicales, mais les partisans des corporations y sont nombreux et intimement convaincus qu'un des moyens les plus efficaces de pourvoir au bien-être de la petite bourgeoisie consiste dans le maintien des corps de métier et l'exigence d'un certificat d'aptitude.

En réalité, le travail industriel fut réglementé dans l'État des Habsbourg jusqu'au 29 décembre 1859, date d'une patente impériale proclamant la liberté. Cette patente ne supprimait pas les corporations, mais elle les ébranlait en n'opposant aucune barrière à l'exercice d'une profession. Pour les sauver le comte Taaffe déposa, en 1879, un projet répondant aux desiderata des partisans des corporations : ceux-ci entendaient restreindre la concurrence, éliminer les incapables, relever les capacités techniques. Le projet devint loi en 1883. D'accord avec son collègue de l'Intérieur, le ministre du Commerce détermine par ordonnance les professions qui rentrent dans la catégorie des métiers et qui requièrent des aptitudes techniques. Quiconque veut exercer un métier doit fournir la preuve qu'il a travaillé pendant plusieurs années chez un maître de ce métier, et a subi un examen de maîtrise. De là, la nécessité d'une démarcation entre les divers métiers

voisins, d'où des luttes souvent mesquines comme celles qui mettent aux prises boulangers et pâtissiers. L'essor de l'esprit d'entreprise ne se trouve-t-il pas gêné par la nécessité d'obtenir un certificat approuvé par le président de la corporation et le chef de la commune à laquelle appartient le maître de l'ouvrier ?

La corporation a pour objet de faire prédominer l'esprit de communauté, de conserver et de relever l'honneur professionnel parmi ses membres, de développer le sens des intérêts professionnels par la fondation de caisses de secours, d'entrepôts de matières premières, de salles de vente, l'usage en commun de machines. Elle défend les droits des patrons et des ouvriers, elle les maintient dans leurs devoirs par des règles soumises au visa administratif et qui portent sur l'éducation morale, religieuse et professionnelle des apprentis, la durée de l'apprentissage, l'épreuve qui le termine, le droit d'avoir des apprentis, leur nombre dans les ateliers.

Elle forme aussi des commissions arbitrales mixtes, institue des caisses de secours pour malades, s'occupe du placement etc... Les dépenses générales sont payées par des cotisations recouvrées administrativement. Mais dix ans après l'entrée en vigueur de la loi, les défenseurs des corporations se lamentèrent sur ses tristes résultats. Une enquête fut organisée. Elle établit que la petite bourgeoisie n'était pas sauvée comme on l'avait espéré : nombre d'artisans demeuraient étrangers aux corporations; bien des choses laissaient à désirer dans le domaine de l'apprentissage, des œuvres de secours, de placement, des cotisations. On en vint à réclamer l'intervention législative.

Le comte Badeni en 1897 reprend l'œuvre du comte Taaffe. La nouvelle loi oblige les apprentis à suivre les cours des écoles industrielles, elle prévoit la fondation de bourses de travail, l'homologation par l'autorité

administrative des droits d'entrée des membres et d'émancipation des apprentis ; elle précise les sanctions contre les membres qui manquent à leurs devoirs vis-à-vis des apprentis. Deux ans plus tard, une ordonnance du 31 mai 1899 établit des instructeurs de corporations qui fourniraient aux groupements des conseils avisés, les aideraient à rédiger leurs statuts, les seconderaient dans leurs fonctions charitables. Depuis 1901, le Gouvernement a ouvert en faveur des petits artisans un fonds spécial de dotation et s'attache à répandre dans leur milieu les connaissances les plus utiles par des expositions permanentes et temporaires de machines, de moteurs et de chefs-d'œuvre, par la création de cours de perfectionnement dont sont chargés des professeurs ambulants.

Jusqu'à quel point cette politique a-t-elle atteint son but économique, c'est-à-dire jusqu'à quel point a-t-elle préservé la petite industrie et renforcé l'apprentissage ? Dans quelle proportion a-t-elle réalisé son but social ? et a-t-elle réussi à faciliter les rapports entre employeurs et employés ?

Il est bien difficile de répondre à ces questions, quand il s'agit d'un pays comme l'Autriche, privé d'unité ethnique et géographique. L'institution corporative ne peut être jugée en bloc ; de Pilsen à Trieste, de Salzbourg à Csernowitz, elle n'a rencontré ni le même succès, ni les mêmes obstacles. Ce mouvement s'est étendu rapidement dans les provinces allemandes, mais beaucoup moins dans les pays à population disparate. « Les corporations galiciennes, quoique fort anciennes, s'avouaient en 1908 incapables de remplir leurs fonctions économiques et éducatives. Leur activité consiste surtout en participations annuelles à certaines fêtes religieuses, et l'évolution contemporaine les décon-

certe » (1). Malgré tout, en Autriche comme ailleurs, la grande industrie a progressé, la perfection du machinisme et l'extension des voies de communication rendent ce mouvement irrésistible. Les corporations destinées à l'enrayer se plaignent amèrement de la concurrence.

Parmi les conditions indispensables à la naissance, au développement et à l'extension de l'industrie, celle du crédit est peut-être la plus importante. Son abondance et son bon marché, la certitude de ne pas le voir se dérober aux moments critiques, sa sympathie pour les affaires, sont des avantages de première valeur pour les pays qui en jouissent. L'industrie autrichienne jusqu'à présent ne peut guère que les envier à l'industrie allemande. Ce n'est pas le moment de rappeler ici — les livres d'ailleurs abondent sur ce sujet — les relations étroites qui existent entre banquiers et industriels allemands. Dans les pays industriels de vieille date, où les manufacturiers enrichis possèdent des réserves destinées à soulager la gêne des crises et des mauvaises années, où le grand commerce est de taille à porter secours à l'industrie — l'Angleterre par exemple, — on recourt moins souvent aux bons offices des banques. Une gestion prudente, comme celle qui caractérise la politique financière des grandes entreprises houillères et métallurgiques françaises, permet à ces sociétés de se développer et de résister aux crises, quelles que soient les conditions du marché monétaire. Mais en Autriche, à part quelques rares firmes de grande envergure comme celles qui représentent la métallurgie, l'industrie souffre du manque de crédit. Depuis le krach de 1873, le public et les capitalistes accordent leur préférence aux titres à revenu fixe ; la

(1) Bulletin du Comité central du Travail industriel, 1908, *La Corporation autrichienne*, par P. Louis.

rente autrichienne et les emprunts municipaux donnent 4 %; l'argent déposé dans les caisses d'épargne également, si bien que le montant des dépôts dans ces caisses comparé à celui d'autres pays d'Europe donnerait une fausse idée de la richesse de la monarchie.

Les caisses d'épargne draînent les réserves de la nation au détriment des banques qui voient ainsi s'amoindrir leurs moyens d'action (1). L'esprit d'entreprise, dont la hardiesse ne caractérise pas d'ailleurs l'ensemble de la population autrichienne, ne se trouve donc guère stimulé ou soutenu ; mais, en outre, le groupement des capitaux en société anonyme, mode de collaboration favorable, par la limitation des risques, à l'initiative et à l'éclosion d'affaires, n'a pas acquis et ne peut même acquérir en Autriche l'extension qui caractérise notre activité et celle de l'Allemagne. Le régime des impôts en est la cause. Outre l'impôt sur le revenu global et personnel, auquel il se superpose, existe en Autriche l'impôt sur les profits de tout genre. Créé en 1848, il frappe toute activité productive exercée dans une branche quelconque de la vie économique : agriculture, commerce, industrie, professions manuelles ou libérales. Le taux le plus élevé, 10 %, est réservé aux sociétés par actions et, en y ajoutant les taxes additionnelles perçues par les provinces et les communes, le taux est majoré de 15 ou 20 % même comme en Bohême. Or ce n'est pas le bénéfice net qui est l'assiette de l'impôt, mais toutes les sommes employées en paiement des intérêts des obligations émises, à la couverture de pertes antérieures, si bien qu'une société qui ne donne pas un centime de dividende est condamnée cependant à payer l'impôt sur ses profits, à cause de son stock d'obligations. C'est le

(1) Les prêts hypothécaires et l'escompte sont les opérations ordinaires de ces caisses d'épargne.

cas de la Südbahn ou Lombards, par exemple, qui en 1911 a versé 7 millions de couronnes pour ses charges publiques, alors qu'elle avait enregistré une grosse perte d'exploitation.

L'impôt fourni par les sociétés par actions peu nombreuses en Autriche, produit en moyenne autant que l'impôt sur le revenu grevant la totalité des citoyens — en 1912 le premier a rapporté 65 500 000 couronnes, le second 66 millions — et cela parce que la population rurale a pu se dérober pour ainsi dire à l'impôt sur le revenu personnel. Le revenu déclaré sur la propriété rurale n'atteint que 270 millions de couronnes, moins que le revenu déclaré dans le grand duché de Bade, tandis qu'il est estimé en réalité au moins à vingt fois ce montant (1). « On peut citer à titre d'exemple, une société métallurgique qui paie 36 % de son bénéfice net pour charges publiques (impôts d'État et communaux) et ne peut distribuer à ses actionnaires que 65 % de son gain. Nous laissons ici de côté les dépenses résultant des institutions obligatoires de prévoyance, frais d'assurance-invalidité et maladie » (2). Aussi les sociétés anonymes sont-elles peu nombreuses en Autriche. En Allemagne, en 1896, les sociétés industrielles par actions (non compris Banques, compagnies d'assurances, de chemins de fer, de navigation), représentaient un capital nominal de 3811 millions de marks ; 10 ans plus tard, le capital atteint la somme de près 8 milliards (7984 millions). En Autriche, pendant les mêmes années, pour le même groupe de sociétés, nous trouvons les chiffres de 726 millions et 1330 millions de couronnes (3).

(1) France et Autriche, Revue Économique Internationale, mai 1908.

(2) *L'industrie métallurgique autrichienne*, Rev. Économ. Intern., juin 1911.

(3) Zeitschrift für Volkswirtschaft, Socialpolitik und Verwaltung, 1910. Band 19, Heft VI.

D'après une autre statistique, de 1892 à 1898 il s'est fondé en Allemagne 700 sociétés anonymes nouvelles au capital de 896 845 000 marks ; en Autriche 55 au capital de 90 150 000 marks.

Une troisième indique que de 1886 à 1905 le capital des sociétés anonymes autrichiennes (excepté les chemins de fer) a passé de 1275 millions de couronnes à 2367 millions ; celui des sociétés allemandes, de 5688 millions de marks à 14 241 millions de marks. Ces évaluations du capital des sociétés anonymes sont naturellement approximatives, mais malgré les divergences qu'elles peuvent présenter, l'écart entre l'Allemagne et l'Autriche n'en est pas moins considérable et significatif.

Sous un régime fiscal aussi rapace, rares sont les sociétés qui se décident à émettre des obligations ; l'extension et les progrès d'une entreprise en sont naturellement entravés, puisqu'on lui rend quasi impossible le recours au crédit. A qui et comment emprunter des capitaux à long terme ? Les banques hésitent à immobiliser leurs disponibilités dans des opérations sans titres amortissables et négociables. D'après M. Hertz, dans l'article cité de la ZEITSCHRIFT, de 1896 à 1906, le capital obligations des sociétés industrielles autrichiennes (non compris banques, compagnies d'assurances, de chemins de fer, de navigation), n'aurait pas augmenté ; celui des sociétés allemandes de même nature aurait crû d'un milliard et demi de marks (1).

La surveillance administrative, l'inquisition fiscale à laquelle sont soumises les sociétés par actions autri-

(1) Il faut tenir compte cependant des 1500 sociétés « mit beschränkter Haftung » possédant un capital social de 370 millions de couronnes. Ces sociétés sont privilégiées, parce qu'elles peuvent se constituer sans obtenir l'autorisation préalable du Gouvernement, indispensable à la création des sociétés anonymes, et parce qu'elles sont soustraites, si leur capital est inférieur à un million de couronnes à l'« Aktiensteuer » des sociétés anonymes. Cfr. *La Société à responsabilité limitée*, par M. Wynen.

chiennes, les gênent dans la politique d'amortissement qu'elles voudraient suivre. Certaines industries, à cause de la nature de leur outillage, doivent amortir plus rapidement; d'autres, par mesure de prudence, jugent opportun, vu les heureux résultats de l'exercice écoulé ou à cause de prévisions pessimistes, de renforcer les amortissements.

Le fisc qui condamne cette manière d'agir comme une dissimulation, comme une restriction du bénéfice imposable, ralentira, vu qu'il y est directement intéressé, l'allure de l'amortissement. L'État et les provinces ne sont-ils pas les actionnaires privilégiés des sociétés par actions, puisque sans aucun versement et sans aucun risque ils prélèvent leur part chaque année?

Nous avons souvent au cours de cette étude comparé l'Autriche à l'Allemagne, et naturellement ce parallèle ne pourrait tourner qu'au désavantage de la Cisleithanie. Mais est-ce bien à l'Allemagne qu'il faut comparer l'Autriche quand on veut apprécier sa puissance industrielle? Sans doute les deux pays sont limitrophes et il existe entre les deux populations de nombreux liens de parenté; mais les richesses de l'une sont bien supérieures à celles de sa voisine. L'Autriche ne rappelle-t-elle pas plutôt l'Italie, tout en possédant sur elle d'importants avantages qui compromettent la justesse de la comparaison? Supposons l'Autriche dotée d'une législation fiscale plus favorable aux sociétés anonymes, supposons-la mieux desservie par un réseau de voies de communication plus étendu, habitée par une population plus entreprenante dont les qualités naturelles, grâce à une plus grande diffusion de l'instruction et à la pénétration de l'esprit commercial, correspondent aux exigences de la vie industrielle; malgré tout, l'Autriche ne deviendra jamais un pays industriel de premier rang : ses ressources naturelles, au moins dans l'état actuel de nos connaissances, sont

insuffisantes. Que peut-elle opposer aux réserves de 3 1/2 milliards de tonnes de minerai de fer de l'Allemagne et de la France ? au bassin houiller de la Ruhr ? aux gisements de sels de potasse de l'Allemagne ? L'Autriche est en Europe un des rares pays producteurs de soie ; sa récolte et celle de la Hongrie atteignent 300 000 kg., mais qu'est-ce en comparaison de 500 000 kil. fournis par la France, et des 4 200 000 livrés par l'Italie ?

Les statistiques attribuent à la Russie 46 millions de moutons, à l'Angleterre et à l'Irlande 31 000 000, à la France 9 à 18 millions, mais à l'Autriche 2 à 3 millions seulement, et c'est grâce à la Hongrie que le chiffre de 10 à 11 millions figurent dans les tableaux. La Bohême est connue pour son houblon, mais la richesse de la Franconie lui fait équilibre ; le sous-sol de la Galicie renferme du pétrole, mais quel est le rôle de l'Autriche en face de la Russie et des États-Unis ? L'industrie sucrière de Bohême est une des premières de l'Europe, mais elle est devancée par sa rivale allemande et serrée de très près par la Russie. L'Autriche possède-t-elle des situations analogues à celle de l'Angleterre dans l'industrie cotonnière et des constructions navales ? à celle de la France dans la soierie, l'industrie des vins et des automobiles ? à celle de l'Allemagne dans l'industrie des produits chimiques ou des couleurs minérales, dans l'industrie métallurgique, électrique et mécanique ? Les réserves forestières de l'Autriche, fortement entamées déjà, son industrie des meubles, sa fabrication du verre lui ont sans doute acquis de la réputation à l'étranger, mais par leur nature même, ces industries ne peuvent lui procurer qu'une place honorable au second rang.

Son outillage industriel vient en grande partie de l'étranger ; malgré les droits protecteurs, l'importation de machines, d'appareils et d'articles a atteint en

1907	90 m. fr. contre une exportation de	30 m. fr.
1908	110	31
1909	105	32
1910	124	42
1911	125	45
1912	148	49

Tout en accusant le développement de l'industrie, cette progression est aussi un indice de la cherté des installations provoquée par l'accumulation des droits de douane, des frais de transport, d'assurance et d'emballage.

Malgré ces difficultés, l'industrie autrichienne se développe ; la proportion de la population se livrant aux travaux d'agriculture et de sylviculture diminue régulièrement ; elle passe de 64 °/₀ en 1880 à 52 °/₀ en 1900, et depuis 1910 elle est inférieure à 50 °/₀. Les importations de céréales augmentent comme celles des matières premières nécessaires à l'industrie. L'Autriche n'est cependant pas un pays industriel, comme le proclament tous ceux qui sont hostiles au protectionnisme agraire. Est-elle davantage un pays agricole, comme le prétendent les partisans des tarifs renforcés en 1878, 1887 et 1906 ? Les conditions sociales, économiques et géographiques de l'Autriche offrent presque autant de diversité que sa composition ethnographique. A côté de vastes provinces agricoles comme la Galicie, la Bukovine, la Dalmatie, et certaines régions alpestres, s'étendent des districts industriels dont l'activité et la densité de population rappellent l'Europe occidentale. De là, la nécessité pour l'Autriche, comme pour l'Allemagne d'ailleurs, de suivre une politique douanière modérée, conciliante, et ce, d'autant plus qu'elle a dû tenir compte des desiderata de son alliée, la Hongrie, presque exclusivement agricole.

J. Charles, S. J.

L'ŒUVRE SISMOLOGIQUE

DE

J. MILNE

Le 31 juillet 1913, mourait le sismologue dont les travaux ininterrompus depuis 1880 ne manquaient pour ainsi dire jamais d'être utilisés ou mentionnés, quelle que fût l'étude publiée sur les tremblements de terre, du moins par les travailleurs de culture européenne, et toujours on s'appuyait sur ses travaux comme sur une base *a priori* considérée comme solide : sans doute on continuera à le faire ainsi pendant longtemps encore jusqu'à ce que, tombant dans le sépulcre qu'est souvent l'histoire du développement d'une science, ses recherches finissent par marquer pour les seuls érudits, une importante étape des progrès de la sismologie à la fin du XIXe siècle et au commencement du XXe. C'est dire qu'un exposé des recherches et des idées du regretté savant équivaut à retracer la marche des méthodes et des observations qui ont créé la sismologie moderne pendant ces trente dernières années, période pendant laquelle elle s'est affirmée comme une science autonome. Ce n'est point une tâche aisée que celle d'analyser son œuvre, tant elle est considérable, et aussi parce qu'il n'a pas pris la précaution de la synthétiser dans un ouvrage d'ensemble, si nous en exceptons toutefois un petit volume de haute vulgarisation ; mais nous devrons nous abstenir d'en parler, soucieux de respecter l'appréciation que lui-même nous en faisait en nous l'envoyant : scrupule scientifique

notoirement injustifié, sa *Seismology* ne laissant pas que d'enseigner beaucoup, même à des sismologues de profession ; c'était d'ailleurs comme une sorte de supplément à un autre volume de la même série scientifique, et qui a mérité plusieurs éditions.

1. *Seismology* (Int. scient. Ser. London 1898).
2. *Eartquakes and other Earth Movements* (id. 1883).

Cette dernière indication bibliographique nous apprend que dès 1883 Milne dominait déjà le sujet auquel il allait consacrer toute sa vie. Il était arrivé au Japon en 1875, âgé de 25 ans, comme ingénieur des mines, appelé par le gouvernement du Mikado soucieux d'initier son peuple à tous les progrès de la culture occidentale et de le faire participer à tous les avantages qui en découlent. Mais c'est bien plutôt encore, en 1880, que nous le voyons se poser en sismologue autorisé et bien renseigné. Cinq années lui avaient donc suffi pour se rendre entièrement compte de ce qu'était alors la science sismologique et de ce qui manquait pour lever un coin du voile recouvrant l'énigme du tremblement de terre, un phénomène journalier, disons le mot, national, dans l'empire du Soleil Levant. Cela ressort nettement du discours-programme qu'il prononçait le 26 avril 1880 à la séance d'ouverture de la *Seismological Society of Japan*, qui venait de se fonder à Tokyo sous l'impulsion de son enthousiaste initiative et qui est devenue aussi célèbre dans les milieux sismologiques que les recueils des de Rossi et des Perrey.

3. *Seismic Science in Japan* (Trans. Seism. Soc. Japan. I. P' I. 3. April-June 1880. Yokohama). (1).

Ce discours est un exposé lumineux des connaissances de caractère vraiment scientifique alors acquises

(1) Cette collection sera désignée par les lettres T. S. S. J.

jusqu'à ce jour sur les tremblements de terre ; c'est en même temps le programme des recherches nouvelles à entreprendre et à poursuivre dans les diverses voies que lui faisait entrevoir son esprit méthodique autant que délié, programme dont il poursuivit sans relâche l'exécution jusqu'à sa mort. Aussi est-il regardé sans conteste comme un des fondateurs de la Sismologie moderne.

Avant tout Milne a été un observateur et un expérimentateur de premier ordre, et malgré ce qu'on aurait dû pronostiquer d'après son éducation d'ingénieur des mines, ce n'est pas l'aspect géologique des tremblements de terre qui l'a séduit, mais bien plutôt les propriétés du mouvement sismique. Il s'est donc montré surtout physicien et il a étudié ce mouvement au moyen des méthodes des sciences naturelles, faisant emploi des mathématiques tout juste dans la mesure nécessaire pour représenter numériquement les divers éléments géométriques ou mécaniques du phénomène, mais sans jamais en exiger des conséquences théoriques relativement à son origine ou à son essence profonde. Si les généralisations hardies, mais éphémères, ne l'attiraient pas, du moins il observait et expérimentait sans cesse, et tirant des faits les déductions strictement légitimes, il savait admirablement discerner le démontré du simplement possible ou probable, puis suivait imperturbablement les voies que telle observation ou expérience venait de lui ouvrir. Aussi de son œuvre presque tout entière, pourrait-on dire, que si les théories meurent, les observations bien faites restent. La recherche des causes profondes le préoccupait fort peu, les tenant sans doute comme hors de notre portée et s'il a été explicitement un partisan décidé de la théorie tectonique des tremblements de terre, c'est dans un bien petit nombre de passages qu'il nous a dévoilé sa pensée à cet égard. Nous citerons ici le suivant, le plus explicite de tous et extrait de sa *Seismology* (p. 38).

« Les conclusions générales auxquelles nous arrivons sont que la majorité des tremblements de terre, y compris tous ceux de quelque grandeur, résultent d'exacerbations spasmodiques du plissement des masses rocheuses ; un certain nombre, en particulier ceux qui prennent naissance à l'embouchure des grands fleuves, comme le Tonegawa au Japon, peuvent résulter d'un soudain déplacement dans le flux plus ou moins horizontal des matières situées profondément, la cause immédiate en étant une surcharge due au dépôt des sédiments ; tandis qu'un petit nombre de tremblements de terre, comparativement faibles et qui secouent des aires limitées, sont dus aux explosions volcaniques. »

Milne était donc partisan de l'origine tectonique des tremblements de terre, genre de causes à laquelle il donnait le premier rang et, dans cet ordre d'idées, il a plusieurs fois insisté, quoique brièvement, sur la relation qui existe entre les séismes et les variations du niveau relatif des terres et des mers. Comme cause moins importante, il invoque une sorte d'isostasie superficielle des sédiments fluviaux-marins, théorie qui n'a guère été acceptée que par Hogben pour les tremblements de terre de la Nouvelle-Zélande et que Middlemiss a cru pouvoir adapter, mais sous toutes réserves, pour celui de l'Himalaya du 4 avril 1905. Sauf à l'occasion des ruptures des câbles télégraphiques sous-marins, Milne n'est pas revenu sur ce point de vue. Dans le passage précédent nous le voyons considérer comme très secondaire les tremblements de terre d'origine volcanique, et plus loin nous le verrons insister davantage sur l'indépendance relative des phénomènes sismiques et volcaniques. Enfin nulle part nous ne le surprenons mentionner la vieille et discréditée théorie des tremblements de terre, d'écroulements ou d'effrondements souterrains, qui occupe encore une très grande place dans la littérature sismologique, même de nos

jours. Ainsi se résume l'ensemble des idées de Milne sur les causes des phénomènes sismiques.

L'œuvre de Milne est disséminée dans un très grand nombre de mémoires et, s'il fallait les analyser tous, ce serait un travail de caractère professionnel et sans limites. Il faut donc poursuivre bibliographiquement cette étude et pour tous les points de détail et non fondamentaux, nous nous bornerons à la nomenclature de ses travaux en les ordonnant par rubriques particulières et en citant seulement ses plus importantes déductions. Milne a été de 1880 à 1892 l'âme de la *Seismological Society of Japan*, et à la dissolution de cette société il en continua les *Transactions* par le SEISMOLOGICAL JOURNAL OF JAPAN (1). Sauf 38 pages dues à des anonymes, il a signé 67 % des 3127 pages de ces deux recueils, n'en laissant que 23 et 10 % aux autres auteurs, européens et japonais respectivement.

Rentré en Angleterre en 1896, il s'installa à Shide Hill House (île de Wight) pour y continuer ses admirables recherches en un des points les plus stables du globe, où, ne se contentant plus du restreint domaine japonais, il se mit à faire converger les informations sismiques du monde entier pour les soumettre à sa patiente investigation. Dès lors ses travaux furent consignés dans les *Reports on Seismological Investigations* de la *British Association for the Advancement of Science* (1) dont il signa la presque totalité des textes publiés.

SOMMAIRE : Art. I. Généralités. — Art. II. Catalogues de macroséismes. — Art. III. Monographies de séismes. — Art. IV. Appareils et expérimentation. Observations sismométriques. — Art. V. Le mouvement sismique. — Art. VI. Trépidations et pulsations terrestres. — Art. VII. Points de vue géographique et géologique. — Art. VIII. Relations des séismes avec d'autres

(1) Ces deux recueils seront indiqués par les lettres S. J. J. et R. S. I. respectivement.

phénomènes de la physique du globe. — Art. IX. Constructions asismiques et sismologie appliquée. — Art. X. Relations entre les tremblements de terre et les variations de la verticale et des latitudes. — Art. XI. Volcans. — Art. XII. Chaleur et états internes du globe. Géite. Élasticité des roches. — Art. XIII. Miscellaneæ sismologiques. — Art. XIV. Bibliographie et Biographie.

Art. I. Généralités

Étant donné le caractère des travaux de Milne tel qu'il a été décrit précédemment dans ses grandes lignes, on ne s'étonnera pas que même dans ses mémoires d'aspect général, il n'ait pas développé de théorie des tremblements de terre. Ici donc nos remarques analytiques se réduiront à peu de chose.

4. *Seismology in Japan* (Nature. October 1882. London).

5. *Earthquakes literature in Japan* (Japan Gazette. 1882-1883). 7 articles.

6. *Recherches sur les tremblements de terre au Japon* (spécialement imprimé pour le Congrès géologique de Berlin (Yokohama. 1883).

Dans ce mémoire comme dans plusieurs autres, mais toujours sans grands détails et incidemment le plus souvent, Milne fait observer que les tremblements de terre se produisent surtout dans les régions d'élévation récente, ces mots devant s'entendre dans le sens de surrection.

7. Appendix to *Recherches sur les tremblements de terre au Japon* (Berlin. 1885).

8. *Causes of Earthquakes*. An address delivered at the annual meeting of the Rigaku-Kyôkai (Société des sciences) (Lu à Koto-Chugakkô le 16 oct. 1886).

9. *On certain seismic Problems demanding Solution* (T. S. S. J. XII. 107. 1888).

10. *Abstract of a Report to the British Association for the Advancement of Science* (S. J. J. H. T. S. S. J. 93. 1893).

11. *Recent Advances in Seismology* (Royal Institution Lecture. Febr. 1897).

12. *Recent Advances in Seismology* (Backerian Lecture. Proc. Roy. Soc. A. LXXVIII. 365. London. 1906).

Art. II. Catalogues de macroséismes

Tant pour le Japon que pour l'ensemble du globe, Milne a laissé un grand nombre de catalogues de tremblements de terre qui fournissent de solides bases à des recherches statistiques de toute sorte.

13. *Investigation of the Earthquake Phenomena in Japan* (Reports of the Brit. Ass. f. t. Adv[t] of Sc. 1881-1898). 18 Rapports (1).

C'est dans le troisième de ces rapports, celui qui correspond à l'année 1898, que Milne a annoncé que la terre tremble en moyenne une fois par demi-heure environ, résultat que plus tard il porta à plus du double.

14. *Note on the great Earthquakes of Japan* (T. S. S. J. XIII. 65. 1881).

C'est un catalogue des tremblements de terre du Japon de 295 av. J.-Ch. jusqu'à 1872. Beaucoup d'entre eux étaient restés inédits jusqu'alors, malgré l'abondance de la littérature sismologique du Japon, et à cette occasion Milne fait une étude bibliographique sommaire des documents originaux. Nous signalerons surtout le curieux graphique des variations de la fréquence et de l'intensité des tremblements de terre à Kyôtô, l'antique capitale de ce pays du VIe au XIXe siècle de notre ère.

15. *Suggestions for the systematic Observation of Earthquakes* (T. S. S. J. IV. 85. 1882-1883).

Tout un programme pour organiser la surveillance des tremblements de terre dans un pays quelconque,

(1) Cet important recueil sera indiqué par les lettres R. B. A. S. S.

le meilleur choix des points à choisir pour les observatoires et les appareils à y établir.

16. *On 387 Earthquakes observed during two years in North Japan* (T. S. S. J. VII. Pᵉ II. 1. 1884).

D'octobre 1881 à octobre 1883, Milne a cartographié le plus grand nombre de ces séismes, méthode qu'il est indispensable d'employer, mais qui est malheureusement négligée par la plupart des instituts sismologiques. De ce travail s'est déduit qu'au Japon la plupart des tremblements de terre notables prennent naissance en mer dans la fosse dite de Tuscarora, fait alors nouveau et qui observé aussi dans d'autres pays maritimes a la plus grande importance.

17. *Report on Earthquake Observations made in Japan during the year 1886* (T. S. S. J. XII. Pᵉ I. 91. 1889).

18. *Report on Earthquake Observations made at the Chirikyoku* (Meteorological Department) *during the year 1887*. An Epitome of a translation, with a Prefatory Note and Observation (T. S. S. J. XV. 99. 1890).

19. *Report on Earthquakes observed in Japan, 1889* (T. S. S. J. XVI. 81. 1892).

20. *A catalogue of 8331 Earthquakes recorded in Japan between 1885 and 1892* (S. J. J. IV. T. S. S. J. XX. 1895).

Travail considérable dont Milne a tiré une très instructive carte sismique du Japon. Il y arrive à cette conclusion que, dans ce pays, les tremblements de terre sont fréquents lorsque les lignes W. E. ont, du côté oriental, c'est-à-dire vers l'océan, une pente de 1:20 à 1:30 ; c'est, sous une forme particulière, une expression de la loi de relation entre le relief et la sismicité qui, la même année, avait été annoncée par un autre sismologue pour l'ensemble du globe.

21. *A Catalogue of Destructive Earthquakes*. A. D. 7. to A. D. 1899 (R. B. A. A. S. 1911).

Ce catalogue historique contient 1136 tremblements de terre plus ou moins destructeurs survenus dans tous

les pays du globe et pourra servir à d'importantes statistiques. Il est toutefois regrettable que Milne se soit limité pour chacun d'eux à l'indication de la date et du lieu et se soit abstenu de toute référence bibliographique originale. Il classe ces mégaséismes suivant trois degrés d'intensité croissante et cette échelle conventionnelle, pratiquement identique à celle établie par Belar à l'occasion du désastre de Messine (28 décembre 1909), mérite d'être reproduite ici.

« *Degré I.* Cela signifie qu'un tremblement de terre a eu une intensité suffisante pour fissurer des murailles, briser des cheminées, renverser de vieux édifices, ou pour produire de légères crevasses dans le sol. Cela implique à la surface du sol une accélération de 1000 millimètres par seconde. Cela signifie que chaque vibration aller et retour d'un point du sol correspond à la secousse que nous expérimenterions sur un véhicule qui commencerait à se mouvoir à raison de un mètre par seconde ou qui, possédant cette vitesse, s'arrêterait soudainement. Lorsque ceci a lieu, l'effet destructeur est ordinairement limité à une ville ou à un village et le rayon de l'aire affectée ne dépasse pas cinq milles. »

Cette dernière conclusion est moins générale que ne le croyait Milne.

« *Degré II.* Avec des tremblements de terre de cette intensité, l'accélération est de 1500 millimètres par seconde, et leurs effets se produisent dans un rayon de 20 milles (*et même plus. Note de l'auteur*). Les édifices peuvent perdre leurs toitures ou être détruits ; le sol peut être gravement crevassé en certains points et il se produit de faibles éboulements de pentes. »

« *Degré III.* Les tremblements de terre de cette classe sont ceux qui détruisent des cités et dévastent des districts. Le sol a été faillé et fissuré, tandis que de ces ouvertures peuvent jaillir de l'eau, de la boue et des sables. En pays montagneux les éboulements de

pentes peuvent être fréquents. L'accélération peut dépasser 3000 millimètres. Au delà de l'aire mésoséiste et jusqu'à une distance de cent milles, les effets peuvent être semblables à ceux des tremblements de terre du degré II. »

C'est à ces derniers tremblements de terre que Milne attribue comme cause des mouvements de faille.

Art. III. Monographies de séismes

22. *Earthquake of December 3rd, 1879* (Japan Gazette. Dec. 13th).

23. *Earthquake in Japan of Februari 22nd, 1880* (T. S. S. J. I. Pt II. April-June 1880) (Japan Gazette. Februari 24th).

Monographie excellente et très complète dans laquelle Milne met à profit toutes les connaissances sismologiques de l'époque.

24. *The Peruvian Earthquake of May 9th, 1877* (T. S. S. J. II. 50. July-December. 1880).

C'est un vrai modèle de précision et de fine analyse pour ce genre de travaux. Milne y expose et applique quatre méthodes géométriques pour la détermination de l'épicentre d'un tremblement de terre suivant les divers éléments d'observation dont on dispose, et fait du tsunami correspondant une étude détaillée qui peut rivaliser avec celles de v. Hochstetter et de Geinitz.

25. *The Earthquake of December 23rd 1880* (The Chrysanthemum. 1882).

26. *The Earthquake at 6. A. M. on July, 5, 1881* (Japan Gazette. 23rd).

27. *A Note on the Great Earthquake of October 1891* (S. S. J. I. 127. T. S. S. J. XVII. 1893).

28. *The Great Earthquake of 1891*. Published with W. K. Burton (Yokohama. 1894).

Ce magnifique album photographique des effets d'un grand tremblement de terre sur le sol ou les édifices et des vues de la vie populaire après un désastre sismique, est de beaucoup la plus artistique de toutes les publications de ce genre qui aient jamais été faites.

Art. IV. Appareils et expérimentation. Observations sismométriques

Cette branche de la Sismologie est celle que Milne a cultivée avec le plus de soin et à laquelle il a imprimé les plus décisifs progrès, étant donné l'état encore informe dans lequel se trouvaient vers 1880 les appareils sismographiques, alors privés de la séparation des composantes, de l'amortissement et presque même de masse fixe. La continuité de ces efforts dans cette voie nous a dotés du pendule horizontal portant son nom et maintenant employé avec succès dans 59 observatoires disséminés sur toute la surface du globe, dont 35 en pays anglais. On conçoit que par leur homogénéité ces observations acquièrent de ce seul chef une valeur inestimable. Milne restera un des plus sagaces et des plus industrieux physiciens qui ont fondé la sismométrographie moderne, mais le caractère technique de cet article nous dispensera de grands détails sur les nombreux mémoires publiés par lui sur cette matière.

29. *Experiments in observational Seismology* (T. S. S. J. III. 12. 1881).

Milne dit lui-même de ce travail : « Ce mémoire peut être regardé comme étant en grande partie l'histoire d'une série de recherches qui m'ont conduit aux appareils que j'emploie maintenant pour enregistrer et mesurer les tremblements de terre. »

On trouve donc dans ce travail la série des déduc-

tions et des essais tentés par Milne dans la voie de l'enregistrement et de la mesure du mouvement sismique ; mais il ne cessera de poursuivre l'amélioration des résultats obtenus à cette première étape de ses recherches.

30. Milne and T. Gray. *Earthquake Observations and Experiments in Japan* (PHIL. MAG. November. 1881).

31. Milne and T. Gray. *On seismic Experiments* (PROC. ROY. SOC. N° 217. 1882). (TRANS. . . 1882).

32. *Modern Forms of Pendulum Seismometers* (T. S. S. J. XII. 22. 1888).

C'est la description et la théorie du double pendule Milne-Ewing.

33. *The Gray-Milne Seismograph and other Instruments in the Seismological Observatory of the Imperial College of Engineering* (T. S. S. J. XII. 33. 1888).

Ce travail est la reproduction, avec de nombreuses notes additionnelles, d'un mémoire de Gray (PHIL. MAG. April. 1887).

34. *Instructions for setting up the Gray-Milne Seismograph* (T. S. S. J. XII. 49. 1888).

35. *Diagrams of Earthquakes recorded at Chiri-Kyoku in Tokyo* (T. S. S. J. XV. 93, 1890).

36. *A mantel-piece Seismometer* (T. S. S. J. XVI. 47. 1892).

37. *Report of the Chiri-Kyoku in Tokyo on seismometrical Observations made in Japan during the year 1888.* Epitomized (T. S. S. J. XVI. 55. 1892).

38. *Seismometrical Observations for the year 1890* (S. J. J. I. 31. T. S. S. J. XVII. 1893).

39. *On the Movements of horizontal Pendulums* (S. J. J. I. 113. T. S. S. J. XVII. 1793).

40. *A Note on horizontal Pendulum* (S. J. J. III. 55. T. S. S. J. XIX. 1894).

Milne a publié en outre dans les R. S. I. un très grand nombre de courtes notes sur des points de détail relatifs à ces mêmes matières.

Art. v. Le mouvement sismique

Dans les travaux de l'article précédent, Milne avait surtout en vue les moyens propres à lui fournir des mesures numériques de toute espèce relatives aux divers éléments du mouvement sismique et par conséquent il voulait arriver à la découverte expérimentale des propriétés de ce même mouvement, branche de la sismologie qu'il a grandement contribué à développer.

41. *Notes on the horizontal and vertical Motion of the Earthquake of March 8th, 1881* (T. S. S. J. III. 129. 1881).
42. *Earthquake Motion* (The Chrysanthemum. 1882).
43. *Earth Movement* (The Times. October 11th, 1882).
44. *Seismic Experiments* (T. S. S. J. VIII. 1. 1885).

Les expériences et les mesures décrites dans ce mémoire sont celles qui ont conduit Milne aux améliorations des appareils en usage en 1882 dans le but de préciser les éléments alors imparfaitement connus du mouvement sismique.

45. *The Character of Earth Waves near to their Origin* (3rd R. S. I. 218. 1898).

Dans ce travail Milne est arrivé à préciser l'analyse des phases des sismogrammes.

46. *Apparent Velocity of Preliminary Tremors* (4th R. S. I. 34. 1899).
47. *Earthquake Echoes* (— id. — 67).

De très nombreuses mais courtes notes insérées dans les R. S. I. permirent à Milne de compléter les notions acquises sur le mouvement sismique.

Art. vi. Trépidations et pulsations

Si Milne n'a pas enlevé aux sismologues de l'école italienne, aux de Rossi, Bertelli et autres, la gloire

d'avoir découvert les infimes vibrations de l'écorce terrestre que l'on a nommées trépidations et pulsations, du moins s'est-il plus que tout autre appliqué à en découvrir les propriétés. Mais comme il s'agit de phénomènes naturels que nous considérons comme hors de la gamme des mouvements sismiques, de même que les bradysismes, nous ne nous étendrons pas longuement sur cet article.

48. *Earth Pulsations* (T. S. S. J. VI. 1. Jan.-June. 1883).
49. *Earth Tremors* (T. S. S. J. VII. P^t 1. 1. 1883-1804).
50. *Earth Tremors* (NATURE. XIX. 290).
51. *Earth Tremors in Central Japan. Recorded by an automatic Tremor Measurer* (T. S. S. J. XI. 1. 1887).

La conclusion que donne Milne à la fin de ce mémoire est à retenir :

« Autant que nos observations aient jusqu'ici progressé au Japon, il semble que la majorité des frémissements terrestres sont des mouvements produits par le vent sur la surface de la terre et qu'ils peuvent souvent se propager jusqu'à des localités éloignées où les perturbations dues au vent n'ont pas eu lieu (dans l'atmosphère s'entend. *Note de l'auteur)* ».

Ultérieurement Milne a beaucoup élargi ce trop exclusif domaine des phénomènes naturels capables de causer ces petits mouvements de l'écorce terrestre.

52. *Earth Tremors in Central Japan.* Second paper (T. S. S. J. P^t 1. 7. 1889).
53. *Tremors and Pulsations, their Relationship to the hours of the Day* (1st R. S. 1. 20. 1896).

Ici nous signalerons un point intéressant. Les courbes horaires des fréquences et des intensités observées à Shide Hill House pendant les mois de novembre et de décembre 1895 montrent un maximum vers XIX^h et un minimum vers VI^h, d'où Milne conclut avec raison à l'influence de phénomènes externes à l'écorce terrestre qui seraient plus actifs de jour que de nuit.

Art. VII. Points de vue géographique et géologique

Cet article nous arrêtera davantage, car si, comme nous l'avons déjà dit, Milne n'a guère approfondi personnellement l'aspect géologique des tremblements de terre, du moins il a obtenu en géographie sismologique des résultats de premier ordre dont la valeur géologique commence seulement à peine à se dévoiler avec toute son importance réelle.

54. *The Distribution of Seismic Activity in Japan* (T. S. S. J. IV. 1 Jan.-June 1882).
55. *On a seismic Survey made in Tokyo in 1884 and 1885* (T. S S. J. X. 1. 1887).

On conçoit sans peine l'extrême intérêt pratique que présente pour une ville de grande étendue la connaissance du plus ou moins de danger des tremblements de terre suivant les divers quartiers considérés. C'est cette recherche que Milne a exécutée à Tokyo au moyen de modes variés d'information et en particulier par l'installation de sismographes en divers observatoires temporaires, et il est revenu sur le même sujet dans le mémoire suivant.

56. *On the Distribution of Earthquake Motion within a small aera* (T. S. S. J. XIII. P^t I. 41. 1880).
57. *Movements of Earth'Crust* (Geogr. J. March. 1896).
58. *Suboceanic Changes* (Geogr. J. August and Septemb. 1897).
59. *Suboceanic Changes* (3rd R. S. I. 251. 1898).

Milne s'est à plusieurs reprises attaqué au difficile problème de savoir si les ruptures de câbles télégraphiques sous-marins révèlent ou non des mouvements sismiques, et dans ce dernier mémoire il a fourni une liste de 85 de ces accidents en les confrontant avec des tremblements de terre non sentis, mais enregistrés. Comme dans cette double liste les temps des deux phé-

nomènes, sauf quelques exceptions, sont loin de coïncider, même avec une grossière approximation, la question est restée sans solution précise. Nous donnerons toutefois les conclusions finales énoncées par Milne :

« Au large des côtes, il y a tendance à ce que les sédiments et les détritus venus de terre, s'accumulant sous l'influence de la gravité, prennent des contours instables. L'existence de tels contours est démontrée par les sondages. Par l'excès du dépôt des sédiments, par l'échappement sous-océanique des eaux des sources souterraines, par le soudain retour des eaux de la mer que les tempêtes ont refoulées dans les baies, par des changements en grandeur et en direction des courants océaniques et par des actions séismiques et volcaniques sous-océaniques, les faces de ces pentes en situation critique peuvent céder soudain et sur de grandes étendues. Que de semblables éboulements sous-océaniques aient fréquemment eu lieu, cela a été prouvé en faisant appel à l'expérience des ingénieurs des compagnies de câbles sous-marins : ils ont souvent trouvé que ces interruptions de câbles ont été le résultat de leur ensevelissement sur des longueurs de plusieurs milles, les matériaux qui recouvrent les sections perdues, étant tombés des faces des pentes le long de la base desquelles les câbles avaient été déposés. Dans quelques rares cas, il a été observé une augmentation considérable de la profondeur océanique le long de la ligne de glissement. On a donné beaucoup d'exemples dans lesquels l'interruption de câbles accompagnait un tremblement de terre d'origine sous-marine, et alors on peut présumer que c'est le tremblement de terre qui a causé l'éboulement sous-océanique, de la même façon que de sévères séismes causent de semblables déplacements de matières qui, à la surface des terres, sont beaucoup plus stables. »

De 1900 à 1912, Milne a groupé annuellement sur une mappemonde les épicentres des tremblements de terre importants, sentis ou non (dans ce dernier cas, les télèséismes) enregistrés à son observatoire de l'île de Wight, ou ceux des 59 stations munies de son pendule horizontal et disséminées sur toute la surface du globe et fondées sous les auspices et quelquefois aux frais de la *British Association for the Advancement of Science*. Son premier mémoire sur ce sujet a été publié en 1900 pour les mégaséismes de 1899, et Milne y expose les quatre méthodes de calcul des coordonnées géographiques de l'épicentre qu'il avait instituées dans ce but en utilisant les données diverses fournies par les sismogrammes de plusieurs stations.

60. *The Origins of large Earthquakes which were recorded at the Isle of Wight in the year 1899* (5th R. S. I. 80. 1900).

61. *The Origins of the Earthquakes recorded in 1899, 1900 and 1901* (7th R. S. I. 3. 1902).

62. *The Origins of large Earthquakes recorded in 1982 and since 1899* (8th R. S. I. 2. 1903).

Nous reviendrons plus loin sur les résultats de distribution géographique mondiale des épicentres de tremblements de terre notables qu'a ainsi obtenus Milne et qu'il a résumés dans le mémoire suivant.

63. *Seismological Observations and Earth Physics* (Geogr. J. January 1913. London).

Puis il poursuit sans trève sa tâche annuelle jusqu'à 1909.

64. *The Origins of large Earthquakes, 1889-1903* (9th R. S. I. [3. 1904).

65. » » *1899-1904* (10th R. S. I. [9. 1905).

66. » » *1899-1906* (12th R. S. I. [3. 1907).

67. *The Origins of large Earthquakes, 1899-1907* (23th R.S.I. [3. 1908).
68. » » *1899-1908* (14th R.S.I. [5. 1909).

Dans toutes ces mappemondes sismiques successives, Milne groupait, mais sans les marquer, les épicentres dont il s'agit, dans l'intérieur d'un certain nombre d'ovales réguliers et plus ou moins étendus tracés sur la surface du globe. Sauf l'exception de l'ovale Alpin-Himalayen, ou méditerranéen, ces ovales tombent tous sur les océans, à la vérité non loin des côtes, du moins dans la plupart des cas. Aussi ce résultat fut-il peu accepté surtout relativement à d'autres recherches dans lesquelles la répartition géographique des tremblements de terre avait été obtenue en portant sur des cartes ou des mappemondes les observations directes des phénomènes sismiques sentis, mais sans se préoccuper des enregistrements sismographiques. Pour mettre tout le monde d'accord, ou plutôt pour répondre aux objections tirées des remarques plus haut exposées, Milne n'eut qu'à changer son mode de représentation graphique, ce qu'il fit dans les mémoires postérieurs, dont les mappemondes vont conduire à des résultats extrêmement intéressants, mais que, surpris par la mort, il n'a pas eu le temps d'énoncer.

69. *Distribution of Earthquakes in 1909* (15th R. S. I. 4. 1910).

Ici Milne ne trace plus d'ovales, mais seulement leurs axes et sa mappemonde prend un tout autre aspect. Ces axes semblent représenter dans la pensée de Milne des traits géomorphogéniques à rôle sismogénique. Ces lignes ne sont généralement pas éloignées des principales lignes de corrugation de l'écorce terrestre, rides ou sillons, émergées ou immergées.

70. *Seismic Activity, 1899 to 1903* (16th R. S. I. 26. 1911).
71. *Seismic Activity, 1904 to 1909* (17th R. S. I. 4. 1912).

Dans ces deux derniers mémoires, Milne appelle mégaséismes les tremblements de terre, sentis ou non, qui se sont fait enregistrer dans les stations du monde entier ou dans celles d'une surface non inférieure à celle d'un hémisphère ou de deux continents. Dans le premier cas il s'agit de tremblements de terre destructeurs à quelque degré, grand ou faible, et dans le second, de télèséismes étendus. Cette fois Milne a porté leurs épicentres sur les mappemondes et l'on trouve au moyen des listes correspondantes, que sur les 888 mégaséismes mis en œuvre, seulement 26 % ont eu des origines terrestres.

Combinant en une seule les deux mappemondes que Milne a publiées pour les périodes 1899-1903 et 1904-1909, on s'aperçoit immédiatement qu'il n'y a plus de véritable antinomie entre les résultats géographiques obtenus par sa méthode indirecte et ceux obtenus par d'autres sismologues au moyen de l'emploi exclusif des observations macrosismiques directes. Les deux modes de recherche se sont complétés mutuellement et il en résulte, ce que Milne n'a pas eu le temps de développer, cette conséquence extrêmement importante que les lois de répartition géographique de l'activité sismique sont les mêmes sur les continents et sous les océans en ce qui concerne la double influence sismogénique du relief et des vicissitudes géologiques antérieures. Il ne serait évidemment point opportun de développer ici ce thème si intéressant, mais qui n'en découlera pas moins en partie des derniers travaux du grand sismologue anglais ; la période de onze années est toutefois insuffisante pour que ces travaux mémorables et féconds portent tous leurs fruits ; il faut espérer qu'ils seront continués.

Art. VIII. Relations des séismes avec d'autres phénomènes de la physique du globe

On sait la place considérable, mais injustifiée selon nous, qu'a tenue dans la littérature sismologique de tous les temps et tient même encore dans celle de nos jours, le problème des relations que présenteraient les séismes avec d'autres phénomènes de la Physique du globe. Milne s'en est à plusieurs reprises préoccupé et il y a apporté son habituelle et impartiale clarté : mais on ne manquera pas de noter qu'il a complètement négligé de rechercher l'influence que beaucoup attribuent à des phénomènes cosmiques variés, et de la part d'un esprit de cette envergure cela équivaut à une condamnation sans phrases.

72. *Earthquakes in Connection with Electric and Magnetic Phenomena* (T. S. S. J. XV. 135. 1890).

Ici Milne se contente de rapporter un certain nombre d'observations de coïncidences plus ou moins approchées entre ces divers ordres de phénomènes, mais il n'aborde pour ainsi dire pas le problème : simple premier jalon posé, qu'il reprendra plus tard comme on va le voir bientôt.

73. *Earth Pulsations and Mine gaz* (Trans. of the Federated Inst. Mining Engin. June 1893. V.)
74. *A note on Earth Pulsations and Mine gaz* (S. J. J. III. 65. T. S. S. J. XIX. 1894).

S'appuyant sur quelques observations connues, Milne demande la répétition de celles de Chesneau en admettant une relation possible entre les dégagements de grisou dans certaines mines de charbon et certains mouvements ondulatoires de la croûte terrestre.

75. *Earth Pulsations in relation to certain Natural Phenomena and Physical Investigations* (S. J. J. I. 87. T. S. S. J. XVIII.
76. *Seismic, Magnetic and Electric Phenomena* (S. J. J. III. 23. T. S. S. J. XIX. 1894).

Les conclusions que de ce mémoire Milne tire sur une question si controversée que celle des relations entre les phénomènes sismiques, magnétiques et électriques, sont à citer en entier, mais sans doute elles ne suffiront pas à faire disparaître les illusions des partisans de ces théories surannées et dénuées de toute base observationnelle sérieuse :

« Quoique dans ce mémoire et d'autres j'aie réuni un grand nombre d'observations qui nous amèneraient à croire qu'il pourrait y avoir une connexion entre les tremblements de terre et les phénomènes magnétiques et électriques ; quoiqu'il ait été formulé des hypothèses dans le but de faire concevoir la possibilité d'une connexion de ce genre ; quoique nombre d'expériences et de recherches aient été faites dans le but de reconnaître si des tremblements de terre sont précédés, accompagnés ou suivis de phénomènes magnétiques ou électriques, les résultats obtenus ne garantissent pas l'existence d'une telle connexion. »

« Il ne paraît pas vraisemblable que les tremblements de terre puissent résulter de décharges électriques et il n'a pas encore été prouvé qu'ils donnent lieu à des phénomènes électriques. Quand ceux-là ont été le résultat du déplacement de grandes masses de strates rocheuses, comme cela est arrivé dans le Japon central en 1891, il s'en est suivi de légers et locaux changements dans les courbes magnétiques, mais outre cela et les effets dus à la secousse mécanique des tremblements de terre (sur les magnétographes) nos connaissances certaines sont excessivement réduites. »

Tout cela équivaut à une quasi négation.

D'un riche catalogue de faits sismiques et magnétiques et de l'examen d'un grand nombre de magnétogrammes qu'il reproduit. Milne a tiré le mémoire suivant :

77. *On certain Disturbances in the Records of Magnetometers and the Occurrence of Earthquakes* (3rd R. S. I. 226. 1898).

Nous en citerons un passage et la conclusion :

« Quoique nous sachions que les rapports de certains observatoires magnétiques montrent rarement, et alors seulement légèrement, que les magnétographes ont été perturbés au moment de grands tremblements de terre, ou à peu d'intervalle de temps, il est certain qu'à d'autres observatoires, ces mouvements du sol sont accompagnés et peut-être précédés par des perturbations manifestées de façon très marquée sur les magnétogrammes. Dans quelques cas ces perturbations sont évidemment le résultat de la secousse mécanique à laquelle les aiguilles magnétiques ont été soumises, mais il y a d'autres cas où une telle explication n'est pas aussi claire. »

« Les grands et soudains réajustements ne peuvent pas arriver plus de 20 fois par an : mais si nous attribuons les plus petits tremblements de terre à de semblables actions, il peut y en avoir un en moyenne chaque demi-heure : et quoique aucun d'entre eux ne puisse vraisemblablement produire un effet magnétique appréciable à la surface de notre terre, après un intervalle suffisant de temps et comme représentant un réarrangement et de nouvelles conditions dans les masses magnétiques, leur effet accumulatif pourrait produire des changements appréciables dans les éléments magnétiques. »

78. *Earthquakes and Rain* (5th R. S. I. 106. 1900).

Milne a cherché une première fois (voyez 72) à savoir si, au Japon, les tremblements de terre ont une

relation avec la pluie et il a conclu en comparant les courbes d'intensité sismique et celles des chutes annuelles de pluie, qu'en ce pays dans les saisons pluvieuses de certaines années les tremblements de terre ont été fréquents, tandis qu'en d'autres années ils avaient été rares pendant les mêmes saisons et cela, qu'il se soit agi de districts particuliers ou de tout le pays. Il revient sur le même sujet dans le mémoire précédemment cité et il y a lieu d'en mentionner la conclusion finale :

« En examinant s'il y a quelque possibilité d'une connexion entre les phénomènes ici considérés, nous devons nous rappeler que les observations montrant que pluie et nuages ont immédiatement suivi certains tremblements de terre, paraissent confinées aux pays tropicaux ou semi-tropicaux (Mexico, 24, I, 1898. — Assam, 12, VI, 1897) ; et c'est dans ces contrées que sont fréquentes des averses soudaines indiquant la perturbation de conditions critiques dans l'atmosphère. Étant données de semblables conditions à petite hauteur au-dessus de la surface de la terre, et probablement c'étaient celles des hautes terres de l'Assam, et admettant que sous une couverture gazeuse formée de couches à des degrés différents de température et de saturation, 10 000 milles carrés de pays montagneux se soient mis en mouvement, ou qu'une aire encore plus grande ait été mise en état de violente ondulation, nous reconnaîtrons qu'une relation des tremblements de terre avec la pluie peut n'être pas aussi improbable qu'il est généralement supposé. Au moment où le sol s'est mû vers le haut, l'air immédiatement placé au-dessus serait comprimé et au moment où celui-là retombe, il y aurait raréfaction, en même temps que les couches d'air d'états physiques différents peuvent se mélanger ; c'est de cette manière qu'une précipitation pourrait résulter d'une énergique action sismique. »

Milne a donc admis que des précipitations atmosphériques puissent immédiatement suivre un grand tremblement de terre dans les pays chauds, mais ce serait un effet plutôt exceptionnel. L'effet est-il vraiment adéquat à la cause invoquée ?

Art. IX. Constructions asismiques
Sismologie appliquée

Comme ingénieur et comme sismologue, Milne ne pouvait pas se désintéresser du problème des constructions asismiques ; aussi a-t-il publié un grand nombre de mémoires sur cet important sujet qu'il a eu à plusieurs reprises l'occasion d'étudier par l'observation *de visu* des effets destructeurs de plusieurs tremblements de terre au Japon. Il y a apporté toute sa netteté de conception et on lui doit les premières expériences faites au moyen d'une *table de choc* sur des corps de formes et de matériaux variés (Voir 89).

79. *Notes on the recent Earthquakes of Yedo Plains, and their Effect on certain Buildings* (T. S. S. J. II. 1 July. Decemb. 1880).
80. *Earthquakes and Building* (Nature. XIX. 290).
81. *Constructions in Earthquake Countries* (Proc. Inst. Civil Engineers. LXXXIII. 1885. 86. Paper N° 2108).
82. *On Construction in Earthquake Countries. With an Abstract of the Discussion on the Paper, Replies to the Discussion.* (T. S. S. J. XI. 111. 1887).
83. *Relative Motion of neighbouring Points of Ground* (T. S. S. J. XII. 63. 1888).

Il s'agit là d'expériences sismométriques destinées à montrer qu'à un moment donné les divers points d'un édifice ne se trouvent pas aux mêmes phases du mouvement sismique, fait très important pour l'art de construire dans les pays à tremblements de terre.

84. *The Movement produced in certain Buildings by Earthquakes* (T. S. S. J. XII. 67. 1888).

85. *Buildings in Earthquake Countries* (Proc. Inst. Civ. Eng. C. 1889. 90).

86. *Construction in Earthquake Countries : a Compilation, with a few original Articles, respecting Buildings in Earthquake Countries. An Epitome of Information useful to Builders in the previous Reports with Remarks on the same* (T. S. S. J. XIV. 23. 1890).

Ce travail est un véritable traité d'art de construire dans les pays à tremblements de terre, que Milne a basé sur la pure observation de leurs effets dans plusieurs pays instables.

87. *Construction in Earthquake Countries* (a Supplement to vol. XIV. T. S. S. J. T. S. S. J. XV. 163. 1890).

On trouve dans ce mémoire la traduction du règlement d'édilité asismique proposé en Espagne après le tremblement de terre d'Andalousie de 1884.

88. *On the Mitigation of Earthquake Effects and certain Experiments in Earth Physics* (S. J. J. I. I. T. S. S. J. XVII. 1893).

89. *Milne and Omori. On the Overturing and Fracturing of Brick and other Columns by horizontally applied Motion* (S. J. J. I. 59. T. S. S. J. XVII. 1893).

Ces très intéressantes expériences ont déjà été signalées et, depuis cette époque, Omori n'a cessé de les poursuivre sur une grande échelle.

90. *Seismology as applied to Railways Trains* (T. S. S. J. XV. 23. 1890).

Reprenant d'anciennes tentatives qui n'avaient pas abouti sur l'application des sismographes à l'étude du mouvement des locomotives, Milne a inventé un appareil spécialement adapté à ce problème et dans le mémoire précédent il décrit les diagrammes obtenus. Il est donc le véritable instigateur d'une méthode qui

permet, au grand intérêt des voyageurs et des compagnies de chemins de fer, de surveiller constamment l'état de conservation et de sécurité du matériel roulant, des voies et des ouvrages d'art. Ce mode de surveillance a été depuis très développé au Japon par Omori et en Autriche par Belar, et s'il a été abandonné dans ce dernier pays et n'a pas été adopté dans d'autres, on doit l'attribuer à des considérations tout à fait étrangères au système lui-même.

Art. x. Relations entre les tremblements de terre et les variations de la verticale et de la latitude

Ces deux problèmes sont très importants au point de vue théorique, mais on peut les considérer, surtout le premier, comme ne ressortissant pas à la véritable sismologie, si du moins on limite cette science à l'étude exclusive des tremblements de terre sans l'étendre à d'autres minuscules mouvements de l'écorce terrestre causés par d'autres phénomènes dus soit à la géophysique, soit à des causes cosmiques. Quoi qu'il en soit de ce point de vue, Milne s'est beaucoup préoccupé de ces deux questions.

91. *Diurnal Waves and Wandering of the Pendulums* (1st R. S. I. 32. 1896).

Dans ce mémoire Milne analyse les observations qu'il exécuta dans cette voie à Shide Hill House, du 24 mai au 15 juin 1896, et qui confirment celles inspirées par lui et exécutées à Strasbourg par v. Rebeur Paschwitz de 1892 à 1894 sur les mouvements du *Null Punkt*, et il en déduit qu'outre une oscillation diurne certaine, il existe probablement une périodicité saisonnière ou mensuelle. On sait que depuis cette époque ces prévisions ont été amplement vérifiées et

c'est par ces mêmes observations de Strasbourg que s'est vérifié aussi ce fait antérieurement annoncé par Milne, que les grands tremblements de terre peuvent mettre en état de vibration la masse terrestre tout entière.

92. *Changes in the Vertical observed in Tokyo, September 19th, 1894, to March 1, 1896* (1st R. S. I. 35. 1896).

Le résultat de ces observations est qu'à Tokyo plusieurs des variations constatées de la verticale ont eu lieu à l'époque de tremblements de terre sensibles : mais s'agit-il de perturbations temporaires ou de plus ou moins longues durées ? c'est ce qui ne ressort pas clairement du mémoire de Milne.

93. *Earthquakes and small changes in Latitude* (5th R. S. I. 107. 1900).

Nous n'avons pas à examiner ici le bien fondé de l'opinion d'après laquelle certaines des petites variations des latitudes ou certains déplacements à caractère plus ou moins périodique des pôles terrestres et des axes d'inertie principaux de la planète peuvent être ou non en relation avec des périodes plus ou moins riches en grands tremblements de terre. Nous nous bornerons donc à reproduire les conclusions auxquelles est arrivé Milne dans le mémoire précédent :

« Il faut se rappeler deux points importants lorsque l'on considère la possibilité de quelque relation entre les tremblements de terre et les changements de latitude si fréquents et de caractère pratiquement oscillatoire. Le premier point est qu'à chacun de ces tremblements de terre, à l'origine du mouvement sismique, il y a un soudain déplacement d'une grande masse de matières. Pour le tremblement de terre de l'Inde du 12 juin 1897, ce déplacement de masses a été évalué par Oldham à 6000 ou 7000 milles carrés et il n'est

pas improbable que les tremblements de terre qui ont fait osciller l'Océan Pacifique pendant des périodes de 24 heures ont été accompagnés par des déplacements encore plus considérables. »

« Le second point à considérer est que chacun des grands tremblements de terre ici examinés a été accompagné par des ondes superficielles ou de distorsion qui, dans beaucoup de cas, ont affecté toute la surface du globe. Ces ondes, autant que nous puissions le déduire de leurs vitesses, périodes et angles maximums d'inclinaison, varient entre 20 et 70 milles de longueur et de quelques pouces à 2 ou 3 pieds de hauteur. Quand elles atteignent ces dimensions, elles semblent certainement suffisantes pour libérer (par tremblement de terre) un district de l'effort orogénique (auquel il est soumis). »

Cette dernière phrase de Milne signifie que, d'après lui, le passage d'ondes sismiques peut donner lieu à des tremblements de terre. Dans ce même travail il réédite son assertion (S. J. J. I. 17. T. S. S. J. XVII. 1893) qu'à Berlin les périodes de maximum de variations des latitudes coïncident avec les maximums de tremblements de terre au Japon.

94. *Large Earthquakes and small changes in Latitude* (8th R. S. I. 2. 1903).

Ici Milne donne d'après Albrecht le graphique des variations de latitude de 1891 à 1902 et le met en parallèle avec celles du nombre annuel des grands tremblements de terre.

Art. XI. Volcans

Outre des travaux purement volcanologiques dont il sera parlé plus loin, Milne a fréquemment insisté

sur l'indépendance entre les phénomènes sismiques et volcaniques. Ce résultat important des observations modernes rencontre tellement de résistance à son acceptation, surtout dans les cercles incompétents, que nous ne saurions mieux faire que de citer plusieurs textes dans lesquels Milne appuie le fait de sa haute autorité, qui corrobore ainsi celle de Lapparent.

20. « Le centre du Japon où se trouvent les districts montagneux, est riche en volcans actifs ; il est singulièrement indemne de tremblements de terre. »

27. « Au Japon, la majorité des tremblements de terre que nous éprouvons, ne proviennent pas des volcans, ni ne paraissent avoir aucune connexion directe avec eux. »

89. « Même dans les pays volcaniques, la majorité des tremblements de terre qui sont relatés ne semblent en aucune façon liés à l'action volcanique. Avant qu'un volcan commence à faire éruption, il peut y avoir de faibles secousses du sol, et il y a certainement une autre petite perturbation au moment de l'effort final, lorsque les matières rocheuses situées au-dessus de la bouche du cratère sont fendues. Ces événements sont cependant rares, tandis que les tremblements de terre, parmi lesquels beaucoup sont considérables, arrivent continuellement et, qu'un volcan soit au repos ou en état d'activité, ces perturbations n'en semblent influencées en rien ».

95. *Report on Earthquake Observations made in Japan during the year 1899* (T. S. S. J. XV. 115. 1890).

Milne dit : « Bref, en quelques points où il y a beaucoup de volcans, les tremblements de terre arrivent rarement. Dans d'autres les tremblements de terre et les volcans sont rares. Et il y a des points où il existe des volcans, mais où les perturbations (sismiques) ne s'étendent pas et sont limitées à un point particulier ».

Par ailleurs, Milne s'est plusieurs fois livré à d'importantes études sur les volcans.

96. *The Volcanoes of Japan* (Japan Gazette. Dec. 31, 1881. April, 15, 1882. September, 30, 1882. . . 8 articles).
97. *The Volcanoes of Japan* (T. S. S. J. IX. P' II. 1886).

Après de nombreuses explorations faites par lui et grâce à l'étude de nombreux documents japonais originaux, tant imprimés qu'inédits, Milne a donné cette description et cette histoire très substantielle de 124 volcans du Japon avec la chronologie de leur éruptions, chacune d'entre elles étant plus ou moins détaillée. C'est donc là un ouvrage considérable que longtemps encore il sera nécessaire de consulter. Il a donné des croquis de beaucoup d'entre eux, et il en a déduit le profil théorique d'un cône éruptif : ce serait une surface de révolution engendrée par la rotation d'une logarithmique autour de son asymptote, résultat curieux.

98. *On the Form of Volcanoes* (Geol. Mag. V. 337).
99. *Further Notes on the Form of Volcanoes* (Geol. Mag. VI. 506).
100. *A visit to the Volcano of Oshima* (Geol. Mag. Dec. II. V. N° 8. VI. N° 11. 193. 197. 255).
101. *A Cruise among the Volcanoes of the Kurile Islands* (— *id.* — VI. N° 8. 337).

Art. XII. Chaleur et états internes du globe Géite. Élasticité des roches

On sait à quelles controverses se sont livrés les astronomes, les géodésiens et les géophysiciens au sujet de la fluidité, de la viscosité ou de la rigidité du noyau terrestre. La sismométrographie moderne a pu dire son mot dans cette discussion et c'est du côté de la rigidité qu'elle a fait pencher la balance grâce, en partie, aux mesures de vitesses de propagation des ondes sismiques exécutées par Milne.

102. *The Speed of Earthquake Motion and Inferences based thereon relating to the World* (8th R. S. I. 7. 1903).

Ses conclusions sont à citer :

« Les grandes valeurs de 10 km. 1 2 à 12 km. par seconde (de la vitesse de propagation des frémissements préliminaires) suggèrent une haute rigidité pour le globe, en même temps que l'uniformité approchée de ces propriétés qui déterminent la vitesse avec laquelle il transmet les vibrations. A moins d'admettre qu'en descendant dans l'intérieur de la terre l'élasticité et la densité croissent dans le même rapport, hypothèse à laquelle on peut faire des objections, la déduction est que le noyau du globe a une densité beaucoup plus rapprochée de l'uniformité qu'on ne le suppose généralement. »

« Pour satisfaire à l'interprétation donnée à ces observations sismométriques, ce qu'il faut c'est un globe avec un noyau approximativement uniforme dont le rayon ne soit pas moindre que les 19 20 du rayon terrestre et que recouvrirait une coquille se transformant rapidement vers le haut en les matériaux qui constituent la croûte du monde. »

« Que les basses vitesses rencontrées s'observent le long des trajets des ondes qui correspondent aux cordes de moins de dix degrés d'arc, suggère que cette croûte n'a pas plus de 40 milles d'épaisseur... Ce qu'indique la table des vitesses, est que l'écorce passe rapidement à un noyau extrêmement rigide et presque homogène. Pour ce noyau on peut définir un poids spécifique qui s'accorde avec les nécessités des observations de la gravité et il semble probable que le même résultat puisse s'accorder avec les observations de l'astronomie. »

C'est à la couche de passage entre l'écorce mince (1/20 du rayon) et le noyau rigide que Milne a donné

le nom de *Géite*. Il est revenu fréquemment sur la question.

103. *Seismometry and Geite* (NATURE. April, 9th, 1903. 538) (Traduit : Die Erdbebenforschung und die Eingeweide der Erde : Die Erdbebenwarte. III. 6. 1903-04. Laibach).

104. *Utilization of the Earth's Internal Heat.* A discussion opened by John Milne (T. S. S. J. Jan. to June 1882. 61).

105. *Note on the Cooling of the Earth* (GEOL. MAG. Dec. II. VII. N° III. 99).

La détermination des coefficients d'élasticité des roches a une grande importance en sismologie, parce qu'ils influent directement sur les vitesses de propagation des diverses ondes sismiques et peut-être même sur la production des tremblements de terre. Dès 1882, Milne s'est préoccupé du problème qui a, depuis, donné lieu à des travaux considérables et, là encore, il a décidément été un initiateur pour cette branche des recherches sismologiques.

106. *On the Elasticity and Strength Constants of certain Rocks* (QUART. J. GEOL. SOC. 1882).

ART. XIII. MISCELLANEE SISMOLOGIQUES

Sous cette rubrique nous rangeons un certain nombre de mémoires difficiles à classer et montrant combien Milne ne négligeait aucun des aspects sous lesquels on peut considérer les tremblements de terre.

107. *Note on the Sound Phenomena of Earthquakes* (T. S. S. J. XII. 53. 1888).

Ici Milne attire l'attention sur les phénomènes sonores des tremblements de terre, puis discute les observations faites et les diverses opinions énoncées à leur sujet.

108. *On the Synchronismus of Seismic Activity in different Districts* (16th R. S. I. 27. 1912).

De son grand catalogue des tremblements de terre destructeurs (v. 21), Milne déduit que les périodes de grande activité sismique pour certaines régions correspondent à des périodes de repos relatif pour d'autres. C'est, en somme, énoncer la constance de l'activité sismique mondiale.

109. *On a new Periodicity in Earthquake Frequency* (17th R. S. J. 27. 1912).

De ce même catalogue il déduit que les mégaséismes se produisent par groupes serrés, séparés par des intervalles grossièrement réguliers de 15 et de 30 jours. D'où cette conséquence, que si le globe est considéré comme un tout, la tension sismique se résoudrait en tremblements de terre tous les 15 ou 30 jours.

110. *Catachtonic Observatory in Japan* (NATURE. XIX. 413).

111. *Earthquake Effects. Emotional and moral* (T. S. J. XI. 91. 1887).

Ce très intéressant mémoire a un aspect surtout historique et philosophique, quant aux effets des tremblements de terre sur l'esprit de l'homme et sur les conséquences religieuses ou les superstitions auxquelles il a donné lieu dans le cours des siècles.

112. *Note on the Effects produced by Earthquakes upon the lower Animals* (T. S. S. J. XII. 1. 1888).

D'après Milne, les animaux sembleraient pouvoir sentir parfois les frémissements préliminaires des séismes, mais dans aucun cas ils ne posséderaient le don de précision, comme on l'a souvent prétendu.

Art. XIV. Bibliographie et biographie

Il n'est pas facile d'établir une bibliographie complète des travaux de Milne, tant son œuvre est considérable, mais dans celle que nous présentons ici, il ne nous a certainement échappé aucun mémoire important, et lui-même a donné deux listes bibliographiques dont l'une à la fin de sa *Seismology* (p. 312) et dans :

113. *Recent Publications chiefly referring to seismic and volcanic Phenomena in Japan* (T. S. S. J. 89. 1883-04).

Enfin Lou Henry Hoover a publié une intéressante biographie du regretté et incomparable maître :

John Milne, Seismologist (Bull. Seismol. Soc. America. II. March. 1912. 2. Stanfort Leland University. California).

En raison des circonstances difficiles dans lesquelles nous nous trouvons au Chili relativement aux recherches bibliographiques, on voudra bien nous excuser si quelques-unes des références ne sont pas aussi complètes qu'il eût été désirable.

Cte de Montessus de Ballore
Directeur du Service Sismologique du Chili.

L'ÉLÉMENT NERVEUX (1)

§ 2. — L'Élément nerveux associé

Nous avons parlé jusqu'ici de l'élément nerveux considéré en lui-même, dans ses caractères propres de structure intime et de morphologie externe, sans nous occuper des relations qu'il contracte avec des éléments de même nature cytologique.

C'est la question de ces rapports que nous abordons maintenant.

Deux points sont à traiter. On peut, en effet, se demander quelle est la nature des relations anatomiques qui s'établissent entre différentes cellules nerveuses, et aussi, quels sont les divers genres de groupements que ces cellules réalisent dans l'organisme.

A. — NATURE DES RELATIONS INTERCELLULAIRES

Ces relations sont différemment comprises suivant l'opinion que l'on adopte sur la constitution de la cellule nerveuse. Nous pouvons, de ce point de vue, distinguer les théories anti-neuroniennes, les théories mixtes et les théories neuroniennes.

(1) Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, livraison de janvier 1914, pp. 5-63.

I. — *Théories anti-neuroniennes*

Pour les adversaires absolus du neurone, les longs prolongements cellulipètes et cellulifuges que nous avons dit appartenir en propre au corps cellulaire, dont ils ne sont, en effet, génétiquement, que des ramifications plus ou moins étendues, n'appartiendraient pas à la cellule nerveuse. Ils seraient constitués, comme nous l'avons déjà fait observer précédemment, par des faisceaux de neurofibrilles élaborées hors des centres, et qui ne feraient que traverser les corps cellulaires dont nous parlons. C'est, avec des variantes de détail, l'opinion émise déjà par Bella-Haller (1885) et soutenue après lui, par Apathy, Dohrn, Bethe, G. Lévi, etc.

La question des relations intercellulaires ne se pose pas dans une semblable théorie. C'est, en effet, par leurs prolongements, que les cellules des centres nerveux peuvent contracter entre elles des rapports directs; or, pour les polygénistes, ces prolongements n'existent pas. La cellule ganglionnaire (cellule nerveuse des centres) se termine, à leur avis, au niveau de ce que les neuroniens regardent comme les cônes d'origine des prolongements de cette cellule. Ainsi amputés de leurs ramifications, et réduits par leurs adversaires à n'être plus que des éléments dynamogènes, les neurones restent forcément isolés les uns des autres : seules les neurofibrilles étrangères qui les traversent pour s'y charger d'énergie, établiraient entre eux des relations tout à fait accidentelles et d'ailleurs sans aucune importance pour le fonctionnement nerveux.

Quant aux neurofibrilles issues des cellules extracentrales (les vraies cellules nerveuses pour les anti-neuroniens), elles seraient mises en continuité totale dans le névraxe, par la constitution d'innombrables anastomoses, au cours du développement du système.

On ne trouverait donc de bouts de neurofibrilles nulle part, si ce n'est à l'origine des voies centripètes et à la terminaison des voies centrifuges.

Ces opinions ne sont plus à discuter, depuis que des recherches plus précises sur le développement de la cellule nerveuse et la genèse des neurofibrilles ont donné raison aux partisans du neurone.

II. — *Théories mixtes*

Nous entendons par théories mixtes celles qui admettent l'existence du neurone, mais soutiennent qu'il existe, d'un neurone à l'autre, des anastomoses qui mettent en continuité de substance certains de leurs prolongements. Ces relations sont d'ailleurs conçues différemment, suivant les auteurs.

Pour Gerlach, par exemple, la continuité s'établit par anastomoses entre prolongements neuroniens cellulipètes. Il se constitue de la sorte, dans la moelle épinière, un réseau diffus très riche, d'où émanent des fibres qui pénètrent dans la substance blanche périphérique. Ces fibres, ou bien ne sortiraient pas de l'axe nerveux, et elles constitueraient alors les cordons blancs médullaires, ou bien elles se prolongeraient au dehors, et ce sont celles-là qui formeraient les racines postérieures. Comme dans l'opinion précédente, il y aurait donc continuité totale à travers tout le système cérébro-spinal; seulement ici, la continuité, au lieu d'affecter des éléments étrangers aux cellules des centres, serait réalisée par l'aboutement anastomotique direct de ces cellules.

Golgi, après Gerlach, soutint essentiellement les mêmes idées. Il admit l'existence du réseau diffus des centres nerveux et la constitution des racines postérieures aux dépens des fibres émanées de ce réseau central. Pour lui cependant l'origine du réseau est plus

complexe que pour Gerlach : ce ne sont pas les prolongements cellulipètes (protoplasmiques) des cellules des centres qui s'anastomosent, mais leurs prolongements cellulifuges (cylindraxiles), et non seulement ceux des cellules qui se trouvent à un même niveau du névraxe, mais ceux aussi qui ont leur corps cellulaire situé soit plus haut, soit plus bas. Toutes les collatérales de ces prolongements, qui de la substance des cordons pénètrent dans la substance grise, à quelque niveau que ce soit, entrent en continuité, dans cette substance grise, avec les ramifications de tous les prolongements de même signification qui s'y rencontrent. Il y aurait donc ici encore continuité directe entre tous les neurones centraux.

Ces opinions ne peuvent plus être soutenues. Non seulement il est acquis, depuis longtemps déjà, que les fibres des racines postérieures ont une autre origine que le réseau diffus médullaire ; mais ce réseau lui-même n'existe pas. Qui dit réseau, en effet, dit continuité de substance entre les trabécules réticulaires ; or, sauf dans quelques cas très rares, qu'on croit être autorisé à regarder comme pathologiques ou purement accidentels, on n'a jamais constaté d'anastomose indubitable.

Les méthodes d'imprégnation aux sels métalliques (chlorure d'or d'Apathy, nitrate d'argent de Cajal), qui révèlent le mieux les prolongements cellulaires des centres gris, mettent, en effet, en évidence un riche treillis de fibres enchevêtrées, dont il est impossible d'affirmer qu'elles forment un vrai réseau. Il se peut qu'elles soient simplement entrelacées et juxtaposées, chacune gardant, dans cette juxtaposition, sa parfaite individualité anatomique. C'est, en effet, dans ce sens que les observations embryologiques ont tranché la question. L'individualité des prolongements cellulaires ne fait aucun doute, quand on examine ces prolonge-

ments au début de leur formation, et à aucun moment de leur croissance on ne peut saisir l'établissement entre eux, ou avec les prolongements des cellules voisines, de rapports anastomotiques ; on n'a donc aucune raison de soutenir que dans l'inextricable lacis des prolongements des cellules adultes, il existe certainement des anastomoses, surtout en tel nombre que ce lacis doive être regardé comme un véritable réseau.

Un argument d'ordre physiologique nous paraît, d'autre part, établir que les prolongements nerveux, cellulipètes et cellulifuges, indépendants à l'origine, gardent cette indépendance au cours de leur évolution et la conservent encore quand ils sont arrivés à maturité. Notre conviction se fonde, à ce sujet, sur deux ordres de faits : l'irréversibilité du cycle réflexe et la localisation cellulaire de la dégénérescence expérimentale ou accidentelle.

Irréversibilité du cycle réflexe. — L'excitation du bout central d'une racine postérieure sectionnée amène une déviation galvanométrique au bout central de la racine antérieure correspondante. L'ébranlement nerveux s'est donc réfléchi, dans la moelle, sur les cellules de la corne grise antérieure ; mais le phénomène n'est pas réversible : l'excitation du bout central de la racine antérieure ne détermine aucune déviation au bout central de la racine postérieure. L'ébranlement ne peut donc pas passer, dans ce sens, d'un neurone à l'autre : il ne se réfléchit pas, dans la moelle, sur les terminaisons cellulifuges des cellules des ganglions spinaux. On a pourtant la preuve qu'il s'est propagé dans ce cas, dans le neurone de la racine antérieure, en sens inverse de sa direction normale. En effet, après section de cette racine, l'excitation de l'extrémité musculaire du tronçon ainsi isolé donne une déviation à l'extrémité qui regarde la moelle. Dans un neurone pris isolément, la conduction est donc possible dans les deux sens. Dès

lors, on ne voit pas pourquoi l'ébranlement, après s'être propagé dans la direction rétrograde tout le long du neurone de la racine antérieure, ne passerait pas dans les éléments conducteurs de la racine postérieure, s'il existe, par l'intermédiaire du réseau diffus, une réelle continuité de substance entre toutes les cellules du système cérébro-spinal. Si, au contraire, les neurones sont anatomiquement individualisés, on comprend qu'il puisse exister entre eux un dispositif de contact qui ne permette la transmission de l'ébranlement que dans un sens déterminé.

Localisation de la dégénérescence. — L'observation des phénomènes de dégénérescence consécutifs à la lésion des prolongements cellulaires nous conduit aussi à affirmer l'individualisation anatomique neuronienne. Nous avons vu, en effet, qu'à la suite de cette lésion il se passe dans le corps cellulaire des phénomènes réactionnels, parfois suffisamment intenses pour amener la mort et la disparition de la cellule, et que seules les cellules auxquelles appartiennent les prolongements lésés subissent ces réactions caractéristiques ; or, du moins dans les cas de traumatisme violent qui aboutit à la destruction du neurone, le contre-coup se ferait nécessairement sentir sur les neurones voisins les plus proches, s'ils étaient en continuité de substance avec la cellule directement atteinte.

III. — *Théories neuroniennes*

Si les neurones ne sont pas anastomosés par leurs prolongements, s'ils restent, sauf exception, anatomiquement individualisés dans tout le système nerveux, quel est le genre de relations qu'ils contractent et qui permet la transmission de l'ébranlement d'un neurone à l'autre ? Une seule explication est possible : celle qui admet l'existence de simples contacts entre prolonge-

ments centraux. L'ébranlement pourrait, il est vrai, se communiquer d'une unité morphologique à l'unité morphologique voisine sans rapport immédiat. On peut en effet concevoir, par exemple, que les prolongements cellulifuges des cellules des ganglions spinaux qui aboutissent dans la corne antérieure de la moelle, s'épuisent dans la substance grise fondamentale, à proximité des prolongements cellulipètes des cellules motrices. L'ébranlement se communiquerait alors à ces prolongements par l'intermédiaire de la substance fondamentale elle-même, qui jouerait ainsi le rôle du réseau diffus, pour établir une large et permanente communication entre tous les prolongements qui se rencontrent à ce niveau. Mais on ne pourrait avoir légitimement recours à cette hypothèse que dans le cas où l'observation serait nettement défavorable à la théorie du contact intercellulaire direct ; or il suffit de jeter les yeux sur un centre gris d'association pour se rendre compte, sans aucune hésitation possible, qu'à défaut de continuité de substance, il doit exister au moins de nombreux points de contact entre les prolongements qui s'y enchevêtrent en un inextricable lacis.

A la théorie des rapports interneuroniens par contact se rattache la question de savoir s'il y a contact transitoire ou contact permanent.

Certaines cellules peuvent émettre, en un point quelconque de leur périphérie, des prolongements rétractiles, *lobopodes* ou *pseudopodes*. Nous avons vu, au début de cette étude, que c'était le cas des Amibes. De là, même, leur vient leur nom, la faculté d'émettre des prolongements et de les rétracter déterminant de perpétuelles variations de forme : ἀμοιβός, qui change.

La propriété amiboïde n'appartient pourtant pas, exclusivement, aux Amibes ; jusque chez les vertébrés on trouve des cellules aptes à se transformer pour plier leurs contours aux exigences du milieu, par production

de bourgeons périphériques : tels nos leucocytes. En est-il de même des cellules nerveuses ? Les neurones peuvent-ils, par des mouvements amiboïdes, interrompre et rétablir leurs contacts ?...

Wiedersheim, un instant, le pensa, croyant avoir observé des phénomènes de cette nature dans les cellules des ganglions pharyngiens d'un cladocère, *Leptodora hyalina* Lillj (1).

Rabl-Rückhard, qui publia la même année, 1890, sur la même question : « Sind die Ganglienzellen amiboïd ? » (2), se contenta d'émettre une simple hypothèse, de nature à expliquer les cassures et les soudures possibles des trabécules du prétendu réseau interneuronien de Gerlach.

L'opinion de Tanzi, citée par Math. Duval (3), ne se rapporte pas à l'amiboïsme nerveux. Il s'agit, en effet, pour cet auteur, de l'allongement hypothétique des prolongements nerveux, sous l'influence d'une hypernutrition, déterminée elle-même par une hyperactivité de ces prolongements. Ici, le phénomène d'élongation est donc passif, et non pas spontané. De plus, la croissance dont parle Tanzi consiste en un allongement *permanent* des prolongements nerveux, puisqu'il s'agit d'expliquer, par l'établissement d'un dispositif anatomique spécial, l'habitude ou facilité *constante* plus grande à reproduire un acte qu'on a souvent répété. Dans le cas d'amiboïsme, au contraire, un pseudopode spontanément émis peut être aussitôt spontanément rétracté.

Pendant que la physiologie imaginait des hypothèses, l'anatomie cherchait des faits, et Wiedersheim lui-

(1) *Bewegungserscheinungen im Gehirn von Leptodora hyalina*, ANATOM. ANZEIGER, 1890.

(2) *Sind die Ganglienzellen amiboïd ? Eine hypothese zur Mechanik psychischer Vorgänge*, NEUROLOG. CENTRALBLATT, 1890.

(3) *Précis d'histologie*, p. 971, 2e édition, Paris, 1900.

même, qui avait le premier engagé la neurologie dans cette voie, ne tardait pas à se convaincre que le phénomène dont il avait cru constater l'existence chez *Leptodora hyalina*, ne pouvait servir de base à une théorie générale.

L'amiboïsme nerveux n'en resta pas moins en faveur auprès des savants, et Lépine, en 1894, l'invoqua même comme explication possible d'un symptôme hystérique particulier. Il s'agissait d'un malade qui passait sans cesse et subitement de la surdité absolue à l'état de perception auditive normale : n'était-ce point par suite de rétractions et d'allongements instantanés et successifs des prolongements des neurones de la voie acoustique, qui tantôt brisaient la chaîne sensorielle en interrompant les contacts, et tantôt la reconstituaient en les rétablissant ? L'auteur crut pouvoir l'admettre, et, généralisant son explication, il pensa qu'on pouvait aussi concevoir de la sorte le mécanisme anatomo-physiologique qui nous fait passer soudainement de l'état de veille à l'état de sommeil, et réciproquement (1).

Ce ne fut que l'année suivante, février 1895, que Mathias Duval, « sans avoir, assure-t-il, connaissance de ces publications antérieures (2) », souleva lui-même la question de l'amiboïsme nerveux, dans une communication faite à la Société de Biologie, sous le titre : *Hypothèses sur la physiologie des centres nerveux. Théorie histologique du sommeil.* Ces idées ont été reprises plus tard, exposées et défendues, dans le *Précis d'histologie* du même auteur. Le lecteur trouvera dans cet ouvrage le résumé des recherches faites sur cette question, tant dans le laboratoire de Duval, par Manouélian, qu'à l'étranger, par Demoor, Stefanowska, Odier, Querton, Havet, Lugaro, Soukhanoff, etc.

(1) *Sur un cas d'hystérie à forme particulière*, REVUE DE MÉDECINE, août 1894.

(2) *Précis d'histologie*, p. 973, 2e édition, 1900.

Wiedersheim avait pu, dans son cladocère transparent, observer directement des déformations de cellules ganglionnaires. Dans le cerveau ou la moelle des vertébrés, une pareille observation n'était plus possible. « Il est évident, dit M. Duval, parlant des cellules pyramidales, qu'il ne pouvait s'agir dans l'état actuel de nos procédés d'investigation de constater directement, *hic et nunc*, des modifications des panaches de ces cellules, à un moment donné, à l'état vivant. Il ne pouvait s'agir que de comparer l'état de ces parties sur un même animal, mais dans des conditions différentes, à savoir d'une part à l'état supposé de repos, et, d'autre part, à l'état supposé d'activité, les pièces étant traitées dans les deux cas exactement de la même manière, c'est-à-dire toutes choses égales d'ailleurs à part les deux conditions sus-énoncées (1). »

La constatation principale à laquelle ont conduit ces recherches consiste dans le fait de l'existence, à l'état d'activité normale, sur les prolongements cellulipètes, de nombreuses petites aspérités qui leur donnent l'aspect épineux, aspérités qui disparaissent dans les cellules pyramidales des animaux soumis à diverses expérimentations : chiens tués par des injections de morphine faites de cinq en cinq minutes (Demoor), souris excitées jusqu'à provoquer le sommeil par excès de fatigue (Manouélian), etc. Or, on *suppose* que les petits appendices pyriformes ont disparu par rétraction dans les prolongements : amiboïsme. Si l'on *suppose* de plus que c'est par l'intermédiaire de ces appendices que s'opèrent les contacts entre neurones, on comprendra quelle conséquence peuvent avoir, sur la transmission des ébranlements, les conditions qui déterminent leur rétraction. Quant aux neurones qui ne paraissent pas présenter normalement de pareils appen-

(1) *Précis d'histologie*, p. 981.

dices, il semble que ce sont les prolongements cellulipètes eux-mêmes qui subissent une rétraction considérable, jusqu'à disparaître presque complètement en rentrant tout entiers dans le corps cellulaire.

Malgré ces résultats, et d'autres encore, la plupart des neurologistes, et ceux en particulier dont le nom fait autorité, sont demeurés fort sceptiques. Marinesco, à son tour, après avoir essayé d'élucider la question, croit devoir avouer qu' « en manière de conclusion on pourrait dire qu'à l'état actuel de nos connaissances, il n'y a aucune preuve en faveur de l'amiboïsme nerveux et qu'au contraire, les recherches expérimentales sont venues plaider contre cette théorie » (1).

Math. Duval avait déjà fait remarquer que Wiedersheim, « dans le ganglion œsophagien d'un petit crustacé transparent, avait constaté des mouvements et déformations du protoplasma des cellules nerveuses. Mais là, ces mouvements amiboïdes se passent dans le corps même de la cellule et ne nous disent rien sur les mouvements possibles des prolongements de cette cellule » (2).

Les observations ultérieures sur d'autres animaux vivants transparents, comme le remarque Kölliker (3), n'ont rien dit non plus sur ces mouvements possibles des prolongements nerveux. C'est pourtant là un matériel de choix pour de semblables recherches, et le seul peut-être dont l'étude soit de nature à permettre de porter sur cette question un jugement définitif.

Il convient, en tous cas, lorsque l'observation directe n'est pas possible, et qu'on est contraint de recourir à l'expérimentation, de réaliser les conditions qui se

(1) *La cellule nerveuse*, I, p. 501.
(2) *Précis d'histologie*, p. 977.
(3) *Kritik der Hypothesen von Rabl-Ruckhard und Duval über amaboïde Bewegungen der Neurodendren*. SITZUNGSBER. DER WÜRZB. PHYS.-MEDIC. GESELLSCHAFT, 1895.

rapprochent le plus de l'état normal. En est-il ainsi dans les diverses expériences où les animaux sont soumis à l'action prolongée de la morphine, de l'hydrate de chloral, du chloroforme, de l'électricité, de l'éther, etc. ?... Et lorsqu'on observe, dans les cellules nerveuses des animaux ainsi traités, des modifications morphologiques, comme la disposition particulière des épines dendritiques, l'état perlé, moniliforme, des prolongements, est-on en droit de mettre ces changements sur le compte de l'amiboïsme nerveux et d'en inférer l'existence de cet amiboïsme ? Est-on en droit aussi, quand on sacrifie ces animaux en sommeil profond, déterminé par ces procédés d'expérimentation, d'affirmer que le sommeil naturel amené par les réactions qui accompagnent l'exercice normal de nos facultés, provoque des modifications semblables à celles dont nous venons de parler, et que les dissociations psychophysiologiques qui caractérisent l'état de sommeil sont précisément dues à ces modifications, le retrait des appendices pyriformes et la contraction des prolongements ayant pour effet de suspendre certaines fonctions, en interrompant les contacts des chaînons nerveux qui leur sont affectés ?

Ces questions se posent trop naturellement pour qu'on n'ait pas essayé, depuis longtemps, d'y répondre. Or le contrôle n'a pas été en faveur de la théorie histologique du sommeil. Lugaro, examinant les cellules pyramidales d'animaux endormis lentement, et sans excitation expérimentale préalable par injection ou inhalation de diverses substances, les a trouvées sans varicosités, et leurs appendices largement étalés. Van Gehuchten fait remarquer, d'autre part, que ces recherches de Lugaro confirment pleinement les observations faites dans son laboratoire par Soukhanoff (1).

(1) *Anatomie du système nerveux de l'homme*, 4e édition, 1906, p. 231.

La suppression des contacts nerveux par rétraction des appendices des prolongements, n'est donc pas nécessaire à l'établissement de l'état de sommeil, et par suite ne saurait en être la raison histologique essentielle.

D'ailleurs, même dans les cas de sommeil violemment provoqué, et alors que les cellules corticales ont perdu leurs épines dendritiques, est-on bien sûr qu'il n'existe plus aucune relation de contact entre les neurones intéressés ? Il est important, croyons-nous, de faire observer que les recherches dont nous venons de parler ont été faites à l'aide de la méthode d'imprégnation de Golgi au chromate d'argent. Or on sait que cette méthode, qui a rendu d'immenses services à l'histologie nerveuse, est loin pourtant d'être parfaite. Elle ne révèle que les éléments dépourvus de myéline, et c'est pourquoi on ne peut l'utiliser que sur un matériel non adulte, embryons ou animaux nouveau-nés, à moins de se résigner à n'obtenir que des résultats fort imparfaits, et dont la fidélité pourra toujours être mise en doute, d'autant que chez les embryons eux-mêmes, dans une coupe renfermant un nombre considérable de cellules, quelques-unes seulement sont imprégnées ; on peut donc se demander si une méthode à laquelle échappent des neurones entiers révèle bien tous les prolongements de ceux des neurones qu'elle met en évidence et si, en plus des ramifications dont la rétraction est manifeste, il n'en existe pas d'autres que le chromate d'argent a respectées, que par conséquent l'on ne voit pas, et qui suffisent à maintenir un contact efficace.

Une autre raison encore légitime ces doutes. Lugaro croit pouvoir affirmer, en effet, que l'état épineux des prolongements cellulipètes est caractéristique du repos cellulaire, tandis que l'état de rétraction des appendices correspond à la phase d'activité, et se prononce d'autant plus que le fonctionnement est plus intense. Il faudrait

donc conclure, s'il était vrai que la disparition des appendices interrompt les contacts, que c'est au moment où les fonctions systématisées sont le plus actives, qu'il y a le moins de relations, ou même pas du tout, entre les neurones qui constituent les systèmes anatomo-fonctionnels.

Ce que nous venons de dire ne met pas en discussion l'existence de modifications possibles de la morphologie neuronienne sous l'influence de causes diverses. Nous disons seulement que nous ne croyons pas que ces modifications, pour les raisons que nous avons données, soient de nature à établir une théorie histologique du sommeil fondée sur l'isolement des neurones par rétraction de leurs prolongements cellulipètes.

Ces prolongements, d'ailleurs, se rétractent-ils ?... Les modifications évidentes qu'ils présentent dans certains cas : disparition des aspérités filiformes et pyriformes, production de nodosités plus ou moins volumineuses, sont-elles le résultat de mouvements actifs du cytoplasme nerveux, essentiellement identiques à ceux qui président, chez l'amibe ou chez le leucocyte, à l'émission et à la rétraction des pseudopodes ?... Il n'est que sage, croyons-nous, même à cette heure, d'imiter, dans le jugement à porter sur cette question, la réserve prudente qui faisait dire à Van Gehuchten en 1906 : « Quant à savoir si cette disparition des appendices et cet état moniliforme des dendrites sont dus à des mouvements actifs de la cellule corticale, comme le croient *Dural*, *Demoor*, *Stefanowska*, *Querton* et d'autres, ou bien à des altérations résultant d'un trouble de la nutrition, comme le pense *Soukhanoff* et peut-être aussi *Stefanowska* dans son dernier travail, c'est là une question que nous n'oserions trancher dans l'état actuel de la science (1). »

(1) *Anatomie du système nerveux de l'homme*, p. 233.

Il nous siérait mal de trancher, là où l'éminent neurologiste se déclare incompétent. Aussi nous contenterons-nous de faire observer que des altérations d'ordre nutritif, quelle que soit la façon dont Soukhanoff les conçoive, ne s'opposent pas essentiellement à la conception de mouvement protoplasmique actif. Une altération cellulaire, en effet, n'est pas nécessairement passive. Sans doute, dans les expériences dont il s'agit, c'est sous l'influence d'agents qu'on peut regarder comme pathogènes, que les appendices disparaissent et que les varicosités se constituent ; mais ne peut-on pas concevoir que ce sont là des réactions nutritives spéciales, expression d'une activité cellulaire interne qui, anormalement provoquée, s'adapte d'elle-même aux conditions nouvelles dans lesquelles elle doit s'exercer ? Ce phénomène ne serait-il pas, précisément, une des manifestations les plus expressives de ce que l'on entendait autrefois, et de ce que l'on doit entendre encore par le terme de *plasticité* cellulaire, ou faculté propre à tout élément vivant de pourvoir à la conservation de son intégrité par des processus nutritifs variables suivant les exigences du milieu ? C'est en effet à la plasticité du neurone que Demoor et Stefanowska ont rattaché la cause intrinsèque des modifications des cellules de l'écorce. Math. Duval leur a cherché querelle à cet égard, prétendant que la *plasticité* invoquée par ces auteurs n'était pas autre chose que son *amiboïsme* à lui. Duval prétendait, en effet, donner à ce mot un sens assez large pour qu'il pût s'appliquer à « un mouvement protoplasmique quelconque (1) ». Ainsi, une modification cellulaire, de quelque façon qu'elle se fasse, qui aboutit à remanier assez profondément la morphologie du neurone, comportant nécessairement *un certain mouvement protoplasmique*, les discussions dont

(1) *Précis d'histologie*, p. 982.

nous venons de parler n'auraient plus de raison d'être que pour ceux qui se refuseraient à donner au terme d'amiboïsme le sens large que Math. Duval a cru pouvoir lui attribuer.

Ceux que la théorie de l'amiboïsme, de quelque manière qu'elle soit conçue, ne réussit pas à satisfaire, tiennent pour la permanence normale des contacts entre prolongements neuroniens. Quand deux cellules entrent en relation pour prendre part à la constitution d'une voie nerveuse, les terminaisons cellulifuges de l'une s'articulent avec les terminaisons cellulipètes de l'autre. Cette articulation, ou *synapsis* (Sherrington), établit entre les deux éléments associés des relations de contiguité qu'on n'a aucune raison de ne pas regarder comme définitive et fixe. Sans doute, nous ne comprenons pas comment il se fait que l'ébranlement nerveux ne puisse franchir cette articulation que dans un sens, c'est-à-dire qu'il ne puisse se communiquer que d'un neurone déterminé à l'autre, sans que cet autre soit jamais capable d'ébranler le premier, avec lequel pourtant il est articulé ; mais la théorie de l'amiboïsme ne l'explique pas elle non plus, car on ne voit pas pourquoi deux neurones entre lesquels l'ébranlement circule dans un sens donné, et qui, par suite, à ce moment là sont en contact, perdraient immédiatement leurs connexions si l'on essaye de déterminer un ébranlement en sens contraire.

B. — GROUPEMENTS ANATOMO-FONCTIONNELS

I. — *Principe directeur du groupement*

Le groupement des neurones en vue de la constitution des différentes voies nerveuses ne se fait point au hasard, mais suivant un plan déterminé et toujours le même, dans ses lignes essentielles, chez tous les ani-

maux de même espèce. Peut-être n'y a-t-il rien, dans toute l'embryologie, de plus merveilleux et de plus mystérieux à la fois, que le développement ordonné de tous ces systèmes neuroniens. Pour comprendre le problème — nous ne disons pas pour le résoudre — il faut se rappeler ce que nous avons déjà dit de l'évolution de l'élément nerveux pris isolément.

Considérons, par exemple, chez un embryon de vertébré, une coupe transversale passant par la région du tube médullaire destinée à devenir la moelle lombaire. Il y a là, dans l'épaisseur de la paroi du tube, des cellules que rien encore ne désigne, à l'observation microscopique, comme les futurs éléments nerveux. Sur des embryons plus avancés, ces cellules se présentent déjà avec les caractères connus des neuroblastes, et à un stade ultérieur on voit poindre, à leur périphérie, les bourgeons cytoplasmiques qui vont, en s'allongeant, donner les divers prolongements de la cellule nerveuse adulte.

Négligeons ceux de ces prolongements qui sont destinés à s'épuiser au voisinage du corps cellulaire (prolongements cellulipètes), et parmi les différents neuroblastes dont nous pourrions suivre l'évolution, ne nous occupons que de ceux dont le prolongement cellulifuge sortira de la moelle. Il est remarquable que parmi toutes les directions que pourrait prendre ce prolongement pour traverser l'épaisseur de paroi du tube nerveux qui le sépare du tissu mésodermique environnant, il en est une qu'il prendra invariablement : celle des futures racines antérieures spinales, et quand, par hasard, il dévie de ce chemin au début de son trajet, on le voit, après un parcours aberrant plus ou moins long, changer d'orientation pour aller rejoindre les prolongements de même origine médullaire, qui doivent avec lui constituer une même racine. Cette rectification de l'orientation de marche, le prolon-

gement l'exécute, non seulement durant la traversée de la moelle embryonnaire, mais aussi quand il progresse au milieu des tissus étrangers. C'est que les prolongements d'origine lombaire ont leur destination bien arrêtée : ils doivent innerver les muscles de l'abdomen, de la région inguinale et des membres inférieurs. Ils prennent infailliblement cette direction, allant chacun vers l'organe futur qu'il est chargé de desservir, si éloigné qu'il se trouve de son point de départ, et alors que rien ne paraît le solliciter, au moment où il émerge de la moelle, à se diriger, par exemple, vers ce qui sera l'extrémité du pied, plutôt qu'à remonter le long des flancs pour se rendre dans n'importe quel muscle, à n'importe quel niveau.

Or ce que nous venons de dire des neuroblastes qui se différencient dans la région lombaire, nous pouvons le dire de tous les autres. Chacune de ces cellules nerveuses en voie de développement doit entrer en relation, par son prolongement cellulifuge, avec un organe déterminé, qui n'existe pas encore au moment où ce prolongement spécial est déjà en voie de croissance hors de la moelle, et qui ne se formera parfois que beaucoup plus tard.

Cependant, réduit à ces termes, le problème est encore relativement simple. Il se complique singulièrement lorsque nous avons affaire, non plus à un seul prolongement émané d'un corps cellulaire de la future corne grise antérieure et relié d'autre part, directement, à un muscle plus ou moins éloigné, mais à plusieurs neurones dont les centres génétiques sont situés en des points souvent fort distants les uns des autres, et dont les prolongements doivent pourtant se rencontrer pour constituer une voie nerveuse déterminée.

Quelques-uns, par exemple, des prolongements cellulifuges lombaires dont nous venons de parler, au lieu

de se rendre immédiatement, comme les autres, dans les organes musculaires qui sont sous la dépendance des nerfs de cette région, devront pénétrer dans la chaîne sympathique correspondante et s'articuler, dans quelqu'un des ganglions de cette chaîne, avec les prolongements cellulipètes d'autres cellules nerveuses, dont le prolongement cellulifuge, ou bien entrera lui-même en connexion avec un nouveau neurone sympathique, ou bien se rendra, sans relai, à quelque appareil viscéral. Or ce n'est point encore là la plus compliquée des voies nerveuses ; mais il serait inutile de parler des autres, car il en sera question plus loin, et ce que nous avons dit suffit d'ailleurs à faire comprendre quelle est la nature du problème qui se pose.

Il s'agit de savoir sous l'influence de quel principe les prolongements cellulaires en voie de croissance marchent vers l'organe où ils doivent se terminer et l'atteignent infailliblement.

L'explication qui semblerait, au premier abord, la plus naturelle, serait d'admettre l'existence, dans les organes terminaux eux-mêmes, d'une force d'attraction spéciale, électrique, par exemple, comme l'a supposé Strasser, s'exerçant à distance sur le neuroblaste, pour déterminer, d'abord, le point de la périphérie cellulaire où se produira le cône d'émergence, puis le sens de la direction que prendra le bourgeon neuroblastique primitif à travers le tissu de neuroglie qui l'entoure. Mais cette solution se heurte à de nombreuses difficultés, dont la principale, et qui dispense d'examiner les autres, est que les organes terminaux sont encore inexistants au moment où les cellules nerveuses commencent à émettre leurs prolongements. Quant aux neurones dont les prolongements ne sortent pas de l'axe nerveux, même à supposer que l'évolution de tous les neuroblastes débute à la même époque à tous les niveaux, il est impossible de comprendre comment

une influence d'attraction réciproque pourrait assurer l'articulation des cellules qui sont destinées à faire partie de la même voie. Cette force attractive hypothétique nous paraît absolument impuissante à expliquer, par exemple, qu'une cellule qui se différencie dans la région supérieure du névraxe appelée à devenir le vermis du cervelet, puisse exercer, à la partie la plus inférieure du tube médullaire, une influence directrice sur les prolongements cellulifuges naissants de certains neuroblastes, de manière à leur faire traverser la commissure antérieure, contourner, en montant, la corne grise du côté opposé, et prendre part ensuite, tout le long de la moelle, à la constitution du faisceau médullo-cérébelleux ventral. Pourquoi, en effet, cette attraction, si elle existe, déterminerait-elle les prolongements sur lesquels elle s'exerce, à prendre, pour arriver à destination, le chemin le plus long et le plus compliqué ? Pourquoi, aussi, ne s'exercerait-elle pas sur tous les neuroblastes de la même région, mais seulement sur ceux qui doivent plus tard, par leurs prolongements cellulipètes, s'articuler avec les cellules des ganglions spinaux qui seront affectées à la voie tactile thermo-algésique ? Pourquoi, encore, parmi tous les prolongements neuroblastiques, n'y en aurait-il toujours qu'un qui serait accessible à l'influence attractive d'une cellule donnée ?

Or l'exemple que nous venons de prendre n'est pas le seul qui fasse difficulté ; nous aurions pu en dire autant de l'évolution des éléments nerveux de n'importe quelle voie centrale. Il est d'ailleurs tout aussi impossible d'expliquer, par l'hypothèse d'une force attractive, les phénomènes de fibrogénèse sympathique, que les phénomènes de fibrogénèse cérébro-spinale. Aussi les grands neuro-physiologistes, ont-ils abandonné cette explication et demandé à d'autres théories une solution d'aspect un peu moins fantaisiste.

His a pensé que la direction des prolongements cellulifuges de la corne grise antérieure vers les muscles, et celle des prolongements cellulifuges des cellules des ganglions spinaux vers les organes sensoriels, était déterminée par le fait de la moindre résistance des tissus que ces prolongements sont appelés à traverser. L'insuffisance d'une pareille explication est manifeste. Elle ne rend point compte, en effet, de cette circonstance surprenante, que tous les neuroblastes de même espèce physiologique, par exemple tous ceux qui sont destinés à évoluer en cellules motrices de la corne grise antérieure, émettent toujours leur bourgeon cellulifuge primitif du côté antéro-externe du tube médullaire, alors que la résistance du tissu ambiant est la même sur toute la périphérie neuroblastique, et que des neuroblastes voisins, d'espèce physiologique différente, émettent leur bourgeon dans un autre sens, bien que se trouvant dans les mêmes conditions de milieu. De plus, pourquoi en plein tissu mésodermique, où la résistance est la même dans toutes les directions, les prolongements ne passent-ils pas n'importe où ? Pourquoi, parmi tous les prolongements d'une même racine, les uns pénètrent-ils dans le système sympathique et les autres continuent-ils leur marche vers les organes qui ne dépendent pas de ce système ? Si la résistance du tissu sympathique est moindre que celle des tissus d'alentour, pourquoi tous les prolongements ne prennent-ils pas cette direction, et si la résistance est plus grande, pourquoi quelques-uns la prennent-ils ? Pourquoi, enfin, tous ces prolongements, soit sympathiques, soit cérébraux-spinaux, partis d'une même région médullaire, et soumis, par conséquent, au début, aux mêmes conditions de résistance, ne cheminent-ils pas ensemble sur tout leur trajet, et n'aboutissent-ils pas tous dans le même organe ? Si, en fait, le prolongement cellulaire, dans son évolution, suit toujours la

direction de moindre résistance à travers les tissus qu'il parcourt, comme tel prolongement doit aboutir en tel point, il faut évidemment admettre avec His, qu'il y a une préordination des tissus en vue de faciliter la marche des fibres nerveuses dans le sens voulu. Mais comment expliquer cette préordination histologique, dont nous n'avons d'ailleurs aucune preuve directe ? D'autre part, cet agencement préétabli des tissus ne répond nullement aux difficultés que nous venons de soulever. Pourquoi, en effet, des prolongements qui ont marché côte à côte jusqu'à un point donné, se sépareraient-ils là les uns des autres, pour pénétrer dans des milieux organiques différents ? Encore une fois, si ces milieux préordonnés offrent la même résistance entre eux, pourquoi tous les prolongements ne continuent-ils pas à cheminer ensemble, et si la résistance n'est pas la même, pourquoi ne prennent-ils pas tous la direction où cette résistance est la moindre, et n'aboutissent-ils pas au même point ? Et si l'explication est insoutenable quand les prolongements ont à traverser des tissus de constitution différente, elle ne l'est pas moins quand il s'agit de rendre compte de la marche de ces prolongements dans les centres, à travers le tissu nerveux lui-même, où on n'a aucune raison de supposer l'existence de chemins neurogliques préétablis, qui différeraient entre eux par leur degré de résistance à la pénétration. Cette diversité de résistance, si elle existait, se prêterait d'ailleurs aux mêmes difficultés que dans le cas des tissus non nerveux.

His n'a pas rendu son hypothèse plus acceptable en faisant intervenir un autre coefficient de direction : l'attraction nutritive. Pourquoi, en effet, hors des centres, tous les prolongements ne se dirigent-ils pas vers le même point, c'est-à-dire là où les conditions de nutrition sont le plus favorables, et pourquoi, dans les centres, où ces conditions, à un même niveau, sem-

blent être identiques (on n'a du moins aucune raison de supposer le contraire), les prolongements prennent-ils des chemins si divers? Sur quoi, d'ailleurs, se fonde-t-on pour admettre comme vraisemblable l'existence d'une préordination de milieux à conditions nutritives spéciales, en vue d'orienter dans une direction donnée certains prolongements nerveux ; et si cette préordination existe, comment en explique-t-on l'établissement; sous l'influence de quel principe s'est-elle constituée ?

Hensen et Held ont fait appel, pour tâcher d'éclaircir le mystère, à une simple intervention de grosse mécanique. Les prolongements extra-centraux doivent traverser, pour arriver à destination, deux milieux principaux : le milieux nerveux, ou paroi du tube médullaire, et le milieu mésodermique embryonnaire. Dans le premier, ils cheminent à travers le *neurospongium* ou *neurodesme*, sorte de feutrage constitué par les ramifications des corps cellullaires spongioblastiques, et dans le second, à travers un autre feutrage encore, ou *plasmodesme*, qui dérive des prolongements des cellules étoilées. Or le cône de croissance ne chemine-rait pas librement dans ces milieux ; il serait comme happé par les ramifications spongioblastiques ou mésodermiques, et convoyé par elles d'une cellule à l'autre. Si cette hypothèse rend compte de la marche des prolongements, elle n'explique pas, qu'il s'agisse de prolongements centraux ou de prolongements périphériques, ce que nous appellerions la spécificité de la marche. N'importe quel prolongement, en effet, ne va pas vers n'importe quelle région ; or les ramifications spongioblastiques ou mésodermiques sont absolument indifférentes à se jeter sur quelque cône de croissance que ce soit, qui passe à leur portée. En d'autres termes, ce n'est pas parce que tel prolongement sera convoyé par telle cellule gliale, qu'il se dirigera vers la région abdominale ou vers un membre inférieur, qu'il entrera

dans le système sympathique ou demeurera indépendant de ce système, mais bien parce que tel prolongement, venant de telle région médullaire, doit aboutir dans tel organe et non point dans tel autre, qu'il entrera en relation avec telles ou telles cellules de tissus différents, qu'il trouvera sur son chemin. Il n'y a pas de voies spéciales tracées dans le neurospongium, non plus que dans le plasmodesme. Le prolongement du neuroblaste, pénétrant dans ces tissus, ne contracte pas de rapports avec des cellules prédéterminées à lui servir de guides, mais avec n'importe lesquelles, et ce serait un mystère plus grand encore que celui qu'on veut expliquer, que de prétendre que ces cellules de rencontre se passent de l'une à l'autre le prolongement, de manière à le conduire exactement à destination. Nous pourrions, par de nombreux exemples, montrer à quelles difficultés inextricables se heurte une pareille explication. Il suffit d'en signaler le défaut capital, qui est d'être en contradiction avec les faits anatomiques de fibrogénèse les mieux établis par les recherches de Cajal (1). Cet auteur a en effet observé que le cône de croissance, qu'il a été le premier à signaler à l'extrémité distale du prolongement neuroblastique, chemine librement dans la paroi du tube médullaire et au dehors, ne contractant avec les spongioblastes et les cellules mésodermiques, que des rapports occasionnels de contiguité. Les éléments du neurodesme et du plasmodesme forment si peu des traînées directrices pour les prolongements nerveux, que ceux-ci les croisent parfois à angle droit.

Cajal lui-même n'a pas résisté au désir d'élaborer une explication hypothétique des forces qui entrent en jeu pour déterminer et assurer la marche normale des

(1) *Nouvelles observations sur l'évolution des neuroblastes* : TRAV. DU LABOR. DE RECH. BIOL., t. V, 1907.

prolongements nerveux, depuis le corps cellulaire jusqu'à l'organe dans lequel ils s'épuisent. Marinesco expose cette explication et ajoute : « Telle est l'hypothèse lumineuse que Cajal a construite à l'aide de son imagination féconde et qui est la seule qui puisse satisfaire l'esprit dans l'état actuel de nos connaissances (1) ». Malheureusement, l'imagination, pour féconde qu'elle soit, ne suffit pas là où manquent les indications précises, et Marinesco n'est pas difficile si son esprit est satisfait. Il ajoute, il est vrai : « dans l'état actuel de nos connaissances », et comme nos connaissances à ce sujet sont nulles, on doit être satisfait de peu. Cette lumineuse hypothèse que Cajal nous offre, est une combinaison d'influences mécaniques, physiologiques et chimiques. Cela ne jette certainement pas une grande lumière sur la question.

Marinesco avait écrit plus haut : « Les axones (prolongements cellulifuges) des neuroblastes,... se dirigent pendant leur développement vers leur destination, c'est-à-dire les axones des cellules radiculaires vers les muscles, les prolongements périphériques des cellules des ganglions spinaux vers les surfaces sensitives, sans erreur, sans fausse route. Lorsqu'on pense que ces prolongements doivent éviter tant d'obstacles, sans s'égarer, on devrait, suivant Hensen, aller jusqu'à pourvoir d'une sorte de conscience l'extrémité de la fibre nerveuse dans sa marche infaillible vers l'organe éloigné épithélial ou mésodermique auquel elle doit se rendre ». Pour tenir lieu de cette conscience, Hensen a imaginé la théorie de l'action d'une force tout externe, dont nous avons vu l'inefficacité à donner du problème en question une solution satisfaisante. Cajal a-t-il pensé pouvoir être plus heureux en faisant intervenir, en plus de certaines conditions mécaniques extrinsèques, un

(1) *La cellule nerveuse*, I, p. 335.

principe interne de sécrétion et d'amiboïsme chimiotaxique ?... L'illustre histologiste espagnol connaît trop bien, croyons-nous, et l'extrême complexité des connexions nerveuses, et l'admirable précision avec laquelle ces connexions s'établissent dans l'organisme en voie de développement, pour qu'il puisse avoir l'illusion de donner de ces faits de neurogénèse une exacte et complète explication, d'autant que beaucoup de suppositions qu'il est forcément amené à introduire dans sa théorie, ne peuvent manquer de lui paraître par trop gratuites, et aussi difficiles elles-mêmes à expliquer que les phénomènes dont elles doivent rendre raison. Ne vaut-il pas mieux avouer que nous nous trouvons ici en présence d'un mystère impénétrable, que d'élaborer des hypothèses qui trahissent beaucoup trop la préoccupation de tout expliquer, dans le développement du vivant, sans faire intervenir d'autres forces que celles dont la mécanique, la physique et la chimie établissent l'existence et formulent les lois ? Tant il est vrai que les esprits qui paraissent les mieux façonnés à l'indépendance doctrinale, ne réussissent pas toujours eux-mêmes à se débarrasser de tous les préjugés d'école pour s'en tenir, dans les sciences d'observation, aux seules données objectives.

Objectivement, il est manifeste qu'aucune des forces invoquées dans le cas qui nous occupe, ne suffit à expliquer les faits, et qu'il faut, par suite, de toute nécessité, admettre l'existence, dans chaque élément nerveux, d'un principe de différenciation qui dirige ces forces ou même les supplée. La nature intime de ce principe nous est d'ailleurs aussi complètement inconnue que celle du principe, tout aussi mystérieux, qui dirige l'évolution de la cellule-œuf pour lui faire donner infailliblement, et d'après un plan dont aucune force ni mécanique, ni physique, ni chimique, ne saurait expli-

quer l'exécution, toutes les cellules nerveuses dont nous parlons, et tous les autres éléments de l'organisme.

Si la nature intime et le mode d'activité du principe d'évolution ontogénique des prolongements nerveux nous échappent, du moins, grâce aux recherches de savants neurologistes, parmi lesquels il faut citer en tout premier lieu Van Gehuchten et Cajal, nous sommes assez exactement renseignés, à l'heure actuelle, sur la plupart des groupes les plus importants d'associations neuroniennes.

Ces associations sont constituées de manière à conduire dans les centres cérébro-spinaux un ébranlement déterminé hors de ces centres, soit à la périphérie, soit dans la profondeur de l'organisme, et de manière aussi à conduire à la périphérie ou dans la profondeur un ébranlement initialement ou secondairement parti des centres.

C'est avec ces différents groupements que nous avons maintenant à faire connaissance.

II. — *Constitution histologique des groupements*

Les neurones qui s'articulent ensemble s'associent de manière à constituer des appareils *anatomiques* au service de *fonctions* nerveuses spéciales. Dans les groupements ainsi formés, et que nous avons, pour cette raison, appelés *anatomo-fonctionnels*, nous n'avons à considérer ici que la constitution histologique, réservant pour plus tard la question de leur activité spécifique. Nous devrons toutefois, pour les classer, tenir compte dès maintenant de leur destination fonctionnelle.

A ce point de vue, la première distinction qui s'impose est celle des *voies de projection* et des *voies d'association*.

1° VOIES DE PROJECTION

Le terme *voies de projection* répond à l'idée que se faisait Meynert de l'écorce cérébrale. Il se la représentait comme une sphère creuse, sur la face interne de laquelle se *projetteraient*, par l'intermédiaire des sens, les images du monde extérieur, tout comme elles se projettent, par l'intermédiaire de l'objectif, sur la plaque de fond d'une chambre photographique. Une première catégorie de voies de projection est donc constituée par l'ensemble des chaînons nerveux qui unissent la périphérie de l'organisme à l'écorce cérébrale : ce sont les *voies de sensorialité*.

Mais on peut concevoir que le rayon qui se projette sur la face interne de la sphère creuse soit réfléchi, et qu'il se projette en retour vers la région d'où il est parti. De là, en vertu de l'assimilation imaginée par Meynert, une seconde catégorie de voies de projection, celle qui est constituée par l'ensemble des chaînons nerveux qui unissent l'écorce cérébrale à la périphérie : ce sont surtout les *voies de motricité*.

Certaines de ces voies de projection sont le substratum anatomique de phénomènes essentiellement conscients. A ce titre, elles constituent des groupements nerveux que nous pouvons appeler *physiologico-psychiques :* telles toutes les voies de sensorialité et toutes les voies de motricité volontaire. Les autres constituent des groupements à fonction purement *physiologique :* telles toutes les voies réflexes, motrices ou autres, et certaines de celles dont nous parlerons à propos des voies d'association.

1. — *Groupements physiologico-psychiques de projection*

Les groupements physiologico-psychiques constituent deux grands systèmes de voies nerveuses, dont

l'un est affecté au service de la fonction de sensorialité, l'autre au service de la fonction de motricité volontaire.

La réalité de ces deux ordres de fonctions nous est directement attestée par le témoignage de la conscience. L'existence d'appareils anatomiques sensoriels et moteurs ne peut donc faire aucun doute, les fonctions dont il s'agit étant des fonctions essentiellement organiques. Mais comment est-on parvenu à la connaissance des éléments nerveux de ces appareils, et a-t-on pu discerner, dans les plexus en apparence inextricables qui occupent tout l'axe cérébro-spinal, depuis la région antérieure des hémisphères cérébraux jusqu'au dernier segment sacré de la moelle, non seulement ce qui appartient à la motricité et ce qui appartient à la sensorialité, mais ce qui constitue anatomiquement chacune des voies motrices et chacune des voies sensorielles ?... Il faudrait, pour donner à cette question une réponse adéquate, retracer ici l'histoire technique de la découverte des grands trajets nerveux physiologico-psychiques, ce qui imposerait à ce modeste travail de trop grandes proportions. Bornons-nous à dire que ce n'est ni en un jour, ni par l'emploi d'une seule méthode d'investigation, qu'on est arrivé à donner aux connaissances d'histologie nerveuse la précision avec laquelle elles se présentent de nos jours dans leurs grandes lignes. Mais on conçoit qu'à force de tâtonnements, et en utilisant les données diverses fournies soit par l'étude directe du tissu normal, embryonnaire et adulte, soit par l'observation des dégénérescences intentionnellement provoquées ou accidentelles, soit par les recherches expérimentales de psycho-physiologie, soit par les constatations anatomo-cliniques, on ait pu élucider la plupart des questions neurologiques les plus importantes.

A. — *Groupements sensoriels*

a. — *Classification des groupements*

Avec le concours de toutes les données que nous venons de rappeler, on a établi l'existence d'autant de voies sensorielles anatomiques que nous distinguons de sensations diverses.

Tout phénomène sensoriel normal comporte initialement l'action d'un agent, soit externe, soit interne, sur le prolongement cellulipète d'un neurone périphérique. Or le *contact* de l'agent, ou *excitant*, et du prolongement nerveux, ou récepteur, est parfois senti comme tel : c'est le *tact* ou *toucher*, avec ses modalités diverses de pression plus ou moins accentuée, de plaisir, de douleur, de température. Son point de départ n'est pas seulement la surface de la peau, ou celle des muqueuses : *sensorialité tactile cutanée* ; mais aussi les muscles, les tendons, les os, les séreuses, les membranes d'articulation : *sensorialité tactile profonde* ou *musculaire*.

Le contact, cependant, n'est pas toujours senti : il ne l'est pas dans la *vision*, ni dans l'*audition*, ni dans l'*olfaction*, ni dans la *gustation* (1), qui sont autant de fonctions sensorielles différentes du *tact* et différentes entre elles.

Nous devons donc distinguer une *sensorialité tactile* (cutanée ou profonde), une *sensorialité visuelle*, une *sensorialité auditive*, une *sensorialité olfactive* et une *sensorialité gustative*, et par suite un ou plusieurs grou-

(1) Le contact des aliments, dans les phénomènes de gustation, est bien senti ; mais il l'est par l'intermédiaire de la voie tactile cutanée, et non de la voie gustative ; il y a, dans ce cas, deux phénomènes sensoriels : un phénomène de *tact*, et un phénomène de *gustation*, et ce dernier ne comporte à aucun degré la perception sensorielle du *contact* entre le prolongement périphérique du premier neurone de la voie gustative, et l'agent, quel qu'il soit, médiat ou immédiat, du phénomène de gustation.

pements neuroniens affectés à chacune de ces fonctions sensorielles spéciales.

b. — *Constitution des groupements*

Il est établi que la sensation proprement dite, c'est-à-dire dégagée des phénomènes, nerveux ou autres, qui la préparent, et considérée dans ce qui la constitue essentiellement, est un acte organique qui a son siège non dans les éléments anatomiques qui forment les voies sensorielles, mais dans des cellules spéciales de l'écorce cérébrale où ces voies aboutissent. Il existe donc, entre les zones corticales sensorielles et le point de l'organisme où se produit l'excitation initiale d'où dérivera la sensation, une chaîne cellulaire constituée de chaînons neuroniens plus ou moins nombreux, que nous devons connaître.

Le premier chaînon nerveux de presque toutes les voies sensorielles a son corps cellulaire dans un organe spécial, de forme généralement sphérique ou ovoïde, appelé *ganglion*. Ainsi en est-il pour toutes les voies de sensorialité tactile cutanée et tactile profonde, pour les voies de sensorialité auditive et de sensorialité gustative.

Les ganglions dérivent, comme la moelle épinière et l'encéphale, d'une invagination de l'ectoderme. Celles des cellules ectodermiques de l'organe qui évoluent en éléments nerveux, émettent deux prolongements, dont l'un va vers l'axe cérébro-spinal et l'autre vers la périphérie. Ce dernier peut se terminer librement, c'est-à-dire sans contracter de rapports avec des éléments spéciaux, ou au contraire s'épuiser au contact de cellules particulières, soit isolées, soit groupées en organes. Les prolongements périphériques des neurones ganglionnaires des voies de sensorialité tactile présentent à cet égard une très grande variété : terminaisons libres, terminaisons corpusculaires de Wagner-Meiss-

ner, de Krause, de Grandry, de Vater-Pacini, de Golgi-Mazzoni, de Ruffini de Merkel. De même, le prolongement périphérique de certaines cellules nerveuses appartenant à la voie gustative, se termine librement (nerf intermédiaire de Wrisberg, nerf lingual), tandis que le prolongement de certaines autres (glosso-pharyngien) aboutit à des cellules spéciales, cellules neuro-épithéliales, enfermées dans les organes appelés bourgeons du goût. Un dispositif analogue existe pour la voie de sensorialité auditive, les prolongements périphériques des cellules du ganglion spiral entrant en relation, dans l'oreille interne, avec les cellules neuro-épithéliales de l'organe de Corti.

La voie de sensorialité visuelle et la voie de sensorialité olfactive sont constituées différemment. Le premier chaînon nerveux de ces deux voies n'a pas son corps cellulaire situé dans un organe qu'on puisse assimiler à un ganglion cérébro-spinal.

Nous avons dit que les ganglions cérébro-spinaux avaient pour origine une invagination de la paroi ectodermique, distincte de l'invagination primitive de la même paroi d'où dérive le tube médullaire. Bien que l'axe cérébro-spinal et les ganglions cérébro-spinaux soient de même provenance histologique, ce sont cependant deux ordres de formations bien à part, et sans autre dépendance entre elles que celle qui doit s'établir ultérieurement par la pénétration dans le névraxe des prolongements cellulifuges des cellules des ganglions. Il en est tout autrement de ce qu'il est convenu de regarder comme l'organe nerveux périphérique de la vision et de l'olfaction : la rétine et le bulbe olfactif. Ni la rétine, en effet, ni le bulbe olfactif, ne sont distincts, embryologiquement, du tube médullaire. Ils ne sont tous deux qu'un diverticule de ce tube, une évagination de sa paroi. La rétine et le bulbe olfactif ont donc exactement la même origine que

l'écorce cérébrale : ils sont constitués par une partie de cette écorce embryonnaire déjetée latéralement. A parler strictement, la rétine n'est donc pas un organe du système nerveux périphérique, ni le bulbe olfactif non plus : ce sont des bourgeons centraux, qui ont poussé vers la périphérie, sans cesser d'appartenir aux centres par leurs relations anatomiques, à l'état adulte, comme ils leur appartiennent embryologiquement.

Il existe, à la vérité, pour l'olfaction, un élément rattaché à la voie nerveuse, et qui est bien. lui, périphérique, puisqu'il se différencie en plein épithélium de la muqueuse des fosses nasales : la cellule olfactive. Mais bien que cet élément, par ses caractères morphologiques, puisse passer pour un neurone, son origine ne nous permet de l'assimiler qu'à la cellule neuro-épithéliale des bourgeons du goût, ou à la cellule de l'organe de Corti au contact de laquelle se terminent les prolongements périphériques des neurones du ganglion spinal.

Mais, si la rétine et le bulbe olfactif doivent être regardés, de par leur développement embryogénique, comme des dérivés de l'écorce cérébrale, il est certain toutefois que leurs éléments se sont différenciés, non en vue de l'exécution immédiate et essentielle de l'acte sensoriel de vision ou d'olfaction, mais en vue de la réception d'une excitation nerveuse et de sa conduction dans d'autres centres corticaux, où se produira l'acte visuel ou olfactif proprement dit.

Bien que la rétine et le bulbe soient déjà, embryologiquement, le cerveau, il existe donc, pour la vision et l'olfaction, comme pour toutes les autres sensations, une voie corticipète.

Nous savons que cette voie est constituée, pour la vision, par la cellule à cône ou à bâtonnet, par le neurone intermédiaire et par la cellule ganglionnaire, dont le prolongement cellulifuge se termine dans le

corps genouillé externe de la couche optique : premier et unique relai, hors de la rétine, de la voie optique. Le neurone qui dans le corps genouillé externe s'articule avec le prolongement cellulifuge de la cellule ganglionnaire rétinienne, est en relation, d'autre part (par son propre prolongement cellulifuge) avec l'écorce grise de la face interne du lobe occipital, au fond et sur les bords de la fissure calcarine. Là se termine la voie de projection visuelle corticipète.

La voie olfactive, qui débute hors des centres par la cellule neuro-épithéliale de la muqueuse olfactive des fosses nasales, se continue, dans le bulbe et dans la bandelette qui lui fait suite, par un neurone unique, la cellule mitrale, dont le prolongement cellulipète s'articule avec le prolongement cellulifuge de la cellule périphérique, en formant un buisson glomérulaire, et dont le prolongement cellulifuge aboutit à l'écorce grise de l'extrémité antéro-interne du lobe temporal. A côté de cette voie olfactive de projection corticipète, il en existe peut-être d'autres, à relais plus nombreux, mais qui sont moins bien connues, et que nous pouvons négliger ici.

La voie sensorielle auditive commence par le neurone du ganglion de Corti ou ganglion spinal. Ce neurone prend contact, par son prolongement périphérique, avec la cellule neuro-épithéliale de l'organe de Corti, et aboutit, par son prolongement centripète, soit dans le noyau accessoire, soit dans le tubercule latéral (masses grises bulbaires du pédoncule cérébelleux inférieur). C'est le premier chaînon de la voie sensorielle de projection auditive. Le second, articulé avec celui-ci par son prolongement cellulipète, atteint, par son prolongement cellulifuge, après passage de la ligne médiane, le corps genouillé interne de la couche optique. Un troisième chaînon complète la voie, en s'étendant du corps genouillé interne de la couche optique à l'écorce

grise de la région postérieure de la première circonvolution temporale, ou de la région correspondante des deux circonvolutions transverses, à l'intérieur de la scissure de Sylvius.

Le groupement sensoriel tactile cutané de projection comprend plusieurs chaînons neuroniens dont le premier a son corps cellulaire dans un ganglion spinal ou cérébral. Par son prolongement cellulifuge, il pénètre dans le névraxe et s'épuise, au niveau de sa pénétration, au contact des prolongements cellulipètes d'une cellule des centres gris (par exemple, cellule de la colonne de Clarke en certaines régions de la moelle épinière), cellule dont l'autre prolongement gagne les régions supérieures des centres nerveux et ne se termine que dans le lobe médian du cervelet. De là, la voie se poursuit, par un troisième chaînon, jusqu'à l'olive cérébelleuse, puis, par un quatrième, et en franchissant la ligne médiane, de l'olive cérébelleuse à la couche optique. Enfin, un cinquième neurone la termine, en joignant la couche optique à l'écorce grise des circonvolutions centrales, de part et d'autre du sillon de Rolando, ainsi qu'à l'écorce grise du lobule paracentral.

Le groupement sensoriel tactile thermo-algésique suit à peu près la même direction et comporte le même nombre de chaînons ; nous ne nous arrêterons pas aux particularités qu'il présente.

Le premier chaînon de la voie de sensorialité tactile profonde à projection corticale, est constitué par le neurone d'un ganglion spinal ou cérébral, comme pour la voie tactile cutanée ; mais, du moins pour les neurones médullaires, le prolongement central ne s'épuise pas au niveau de sa pénétration dans la moelle ; il monte dans le névraxe, en prenant part à la constitution des cordons postérieurs, et ne se termine que dans le bulbe, après être entré en relation, dans le noyau de Goll ou celui de Burdach, avec les prolongements

cellulipètes d'un second neurone dont le prolongement cellulifuge, après avoir passé la ligne médiane, pénètre dans la couche optique où il s'épuise. Le troisième et dernier chaînon part de là et aboutit à l'écorce cérébrale, dans la même région que le chaînon thalamo-cortical de la voie précédente.

Le trajet central de la voie de sensorialité gustative est fort difficile à déterminer, et l'on n'a à son sujet que des indications encore imprécises. On sait que les muqueuses gustatives sont très richement innervées. Les trois voies périphériques qui les desservent : lingual, nerf intermédiaire de Wrisberg (fibres gustatives de la corde du tympan et rameaux palatins), glosso-pharyngien, ont le corps cellulaire de leur premier chaînon neuronien situé dans un ganglion cérébral : ganglion de Gasser, ganglion géniculé, ganglions d'Andersch et d'Erhenritter. Le prolongement cellulifuge de ce premier neurone se termine, soit dans le bulbe, en relation avec les cellules du faisceau solitaire (Wrisberg, glasso-pharyngien), soit dans le bulbe et le pont de Varole, en relation avec les cellules du noyau sensitif terminal du trijumeau (lingual). On sait aussi que la voie ne s'arrête pas là, et qu'elle aboutit, comme toutes les autres dont nous venons de parler, dans l'écorce cérébrale. Les cellules au contact desquelles s'épuisent les prolongements centraux des neurones périphériques, sont donc les éléments constituants d'un second chaînon ; mais on ignore où ce chaînon aboutit. On a pu cependant le poursuivre jusqu'au point où après avoir passé la ligne médiane, il s'unit aux chaînons des voies sensorielles médullaires qui pénètrent dans la couche optique ; il est probable qu'il y pénètre lui aussi. Il existerait donc un troisième chaînon, qui irait de la couche optique à l'extrémité antéro-interne des lobes temporaux.

On voit donc, pour nous en tenir aux données les

plus générales, que les voies sensorielles de projection, quel que soit leur point de départ, aboutissent toujours, après un certain nombre de relais, à l'écorce grise des hémisphères cérébraux.

c. — *Groupements moteurs*

De ces mêmes hémisphères partent des voies de projection corticifuges, dont le fonctionnement est sous la dépendance de la volonté. Grâce à ce dispositif nerveux, nous pouvons exercer sur les muscles de nos membres une action qui se traduit élémentairement par des contractions myofibrillaires dont l'ensemble détermine le déplacement relatif de nos masses musculaires et des pièces squelettiques qu'elles commandent.

Il existe deux voies motrices volontaires. La plus anciennement connue porte le nom de *voie motrice principale*. Toutes deux commencent dans l'écorce cérébrale. Le corps cellulaire du premier chaînon (cellule pyramidale) est situé dans une région dont les grandes lignes coïncident avec celle de la zone de sensorialité où nous avons vu aboutir les voies sensorielles de projection corticipète : de part et d'autre du sillon de Rolando sur la face externe des hémisphères, et dans le lobule paracentral sur leur face interne. Cette zone corticale, prise en gros, est donc une zone sensitivo-motrice : c'est sous ce nom qu'elle est communément désignée.

Il résulte de nombreuses observations physiologiques et anatomo-cliniques, et cela d'ailleurs était à prévoir, qu'à chaque groupe musculaire correspond une voie motrice particulière. Le point de départ cortical de chacune de ces voies est sensiblement le même, topographiquement, chez tous les individus. On a pu déterminer approximativement celui des voies motrices des membres inférieurs, des membres supérieurs et de la

face. On a même cherché à délimiter, dans chacune de ces grandes régions de départ, les différentes zones secondaires qui sont le lieu d'origine des voies aboutissant aux divers segments de membres.

Le premier neurone de la voie motrice volontaire part donc de quelqu'un de ces points, et, s'il fait partie de la voie principale, descend plus ou moins profondément dans le névraxe. Ainsi, le prolongement cellulifuge de certaines cellules pyramidales corticales, peut traverser la moelle épinière dans toute sa longueur et ne s'épuiser qu'au niveau des racines coccygiennes. Tous les segments de la moelle qui contiennent le noyau d'origine d'un nerf moteur périphérique, sont de même le lieu de terminaison des fibres nerveuses qui ont leur corps cellulaire dans la zone sensitivo-motrice des hémisphères cérébraux et qui, parties d'un côté de la ligne médiane du système nerveux central, passent cette ligne, soit en bloc (décussation des pyramides), soit fibre par fibre à chaque niveau segmentaire du névraxe, pour se terminer du côté opposé. Les chaînons moteurs centraux qui font partie des voies motrices supérieures, ne descendent évidemment pas dans la moelle : ils s'épuisent soit dans le pédoncule cérébral, soit dans le pont de Varole, soit dans le bulbe, dans le noyau d'origine des nerfs moteurs crâniens.

Ce noyau d'origine, comme le noyau d'origine des nerfs moteurs spinaux, renferme les corps cellulaires du second et dernier chaînon des voies de projection motrices volontaires. Le prolongement cellulifuge de ces corps cellulaires se termine au contact des muscles, en prenant part à la constitution d'une formation spéciale qu'on a appelée *plaque motrice*.

L'existence d'une autre voie motrice volontaire, qualifiée de *voie motrice secondaire*, et beaucoup plus compliquée que la voie principale, ne peut, à l'heure

actuelle, après les nombreuses recherches dont elle a été l'objet, faire aucun doute.

Le premier chaînon de cette voie part de la circonvolution centrale antérieure (en avant du sillon de Rolando) et des parties voisines des circonvolutions frontales. Son prolongement cellulifuge se termine dans le pont de Varole. Là commence le second chaînon, qui aboutit, d'autre part, après passage de la ligne médiane dans le pont, à l'écorce grise du cervelet. Le troisième chaînon, qui a son corps cellulaire dans cette écorce, s'épuise dans l'olive cérébelleuse. Un quatrième neurone continue la voie et s'étend de l'olive cérébelleuse au noyau rouge, avec passage de la ligne médiane. Enfin un cinquième chaînon central relie le noyau rouge à un segment médullaire. Ce segment est lui-même, par sa corne grise antérieure, le lieu d'origine du chaînon périphérique, sixième et dernier neurone de la voie secondaire, qui s'épuise dans un muscle.

Parties de l'écorce grise cérébrale, dans les deux hémisphères, les voies motrices volontaires, quel que soit leur trajet ultérieur, se projettent donc toujours hors des centres, sur les organes musculaires.

2. — *Groupements physiologiques de projection*

Toutes les fonctions desservies par des groupements nerveux ne comportent pas nécessairement des phénomènes de conscience ; c'est même le plus grand nombre des processus de notre vie intrinsèquement organique qui échappent à notre connaissance, même purement sensorielle : ainsi en est-il de tous les phénomènes intimes de sécrétion, d'élaboration, d'excrétion, de digestion, d'assimilation, de circulation, de respiration, de reproduction, d'accommodation, etc... Tout cela est du domaine *réflexe*.

Nous entendons par réflexe l'ensemble des phéno-

mènes vitaux qui, en dehors de toute intervention essentielle et directe de la conscience et de la volonté, assurent la production automatique d'une réaction spéciale, en réponse à une excitation donnée.

Ces phénomènes relèvent de la physiologie pure, aussi sont-ils communs, dans leur essence, aux végétaux et aux animaux ; toutefois, une de leurs particularités, chez ces derniers, c'est qu'ils sont sous la dépendance de dispositifs que n'offrent pas les végétaux : les dispositifs nerveux.

La production d'un réflexe peut ne requérir, histologiquement, au point de vue nerveux, qu'un simple groupement élémentaire de deux neurones. Prenons le cas d'un réflexe cutané des physiologistes. Un neurone qui a, par exemple, son corps cellulaire dans un ganglion spinal, envoie un de ses prolongements vers la surface épidermique, tandis que l'autre pénètre dans la moelle épinière. Ce dernier donne, en se bifurquant, une ramification qui traverse horizontalement toute la substance grise et va se terminer dans la corne antérieure. Un chatouillement de la peau, au niveau de la terminaison du prolongement périphérique, déterminera, dans le neurone en question, un ébranlement qui se propagera, par la branche de bifurcation dont nous venons de parler, jusque dans la corne grise médullaire : ce sera la phase d'excitation, dont un seul chaînon neuronien, le chaînon centripète, suffira à assurer l'exécution normale. Or, dans la corne grise antérieure où elle se termine, la branche de bifurcation de ce premier chaînon s'articule avec les prolongements cellulipètes d'un autre neurone dont le prolongement cellulifuge est en relation avec le système musculaire. L'ébranlement, en se communiquant à ce second chaînon, se *réfléchira* donc vers la périphérie, d'où il vient, et y provoquera la contraction des muscles sur lesquels il se projette : c'est la phase de réaction.

La voie constituée par ces deux neurones, et qui, venant de la périphérie par son chaînon centripète, y retourne par son chaînon centrifuge, forme de la sorte un arc anatomique nerveux, l'*arc réflexe*. L'endroit de la moelle où se fait l'articulation et où l'ébranlement change de direction pour se réfléchir vers la région d'où il est parti, est appelé *centre réflexe* (1).

Mais il faut élargir cette conception élémentaire et nous rappeler tout d'abord que la moelle épinière n'est pas la seule région du névraxe où se fasse l'articulation de chaînons de voies réflexes. Tout le long du système cérébro-spinal central s'échelonnent d'innombrables centres de réflexion physiologique, plus abondants peut-être dans l'écorce cérébrale que partout ailleurs. Toutes les voies centripètes abandonnent sur leur trajet, depuis leur point de pénétration dans les centres jusqu'à leur terminaison dans les hémisphères cérébraux, soit des fibres entières, soit des ramifications de fibres, qui assurent l'exercice automatique des fonctions dont nous avons parlé plus haut, sans que la volonté ait à intervenir directement, et même sans que nous en ayons la moindre conscience, dans l'immense majorité des cas.

Il faut nous rappeler encore que la contraction musculaire n'est pas le seul mode de réaction réflexe par lequel l'organisme réponde aux excitations centripètes. Les fonctions réflexes sont très variées dans la série animale. Certaines sont générales, comme la fonction de nutrition ou de reproduction ; d'autres sont très particulières, comme la fonction électrogène ou photogène. Nous ne prétendons évidemment pas affirmer que *tous* les actes de ces fonctions sont du domaine réflexe ; mais ils le sont *presque* tous, et ce qu'il y a de surprenant, à première vue, mais au fond de très

(1) L'arc réflexe a aussi reçu le nom d'*arc diastaltique*, constitué par le chaînon *isodique*, ou centripète, et le chaînon *exodique*, ou centrifuge.

providentiel, c'est que ce sont leurs phénomènes les plus délicats qui sont soustraits à l'influence directe de la volonté, et qui s'exécutent hors du champ de la conscience.

Remarquons également que le point de départ des excitations qui détermineront les réactions réflexes n'est pas uniquement la surface de la peau. Aux réflexes *cutanés* des physiologistes et des cliniciens, il faut ajouter les réflexes *tendineux*. Ces deux grandes classes de réflexes, en effet, ont été ainsi dénommées en raison du point de départ qui est, soit la peau, soit les tendons. D'autres phénomènes de même nature, mais à point de départ différent, ont reçu un nom en rapport avec l'organe de réaction terminale : ainsi le réflexe iridien, qui règle le diamètre de l'ouverture pupillaire par constriction ou relâchement du sphincter de l'iris, a son point de départ dans la rétine. Nous avons dit, d'ailleurs, que toutes les voies centripètes fournissaient des fibres ou des ramifications de fibres destinées au service réflexe. Il existe donc autant de différents points de départ d'excitations réflexes qu'il existe de catégories de fibres centripètes.

Enfin l'exemple que nous avons donné est celui du groupement réflexe le plus simple. On peut le réaliser expérimentalement, en mettant hors de service, par des sections appropriées de la moelle, tous les autres dispositifs qui entrent en relation avec celui-là ; mais dans la réalité normale, ces dispositifs fonctionnent et requièrent, par conséquent, des groupements neuroniens beaucoup plus compliqués.

La complication tient d'abord à ce que le groupement élémentaire, qui est apte à fonctionner seul, détermine toujours, en fait, le fonctionnement simultané d'autres dispositifs, qui lui sont unis par des voies d'association dont nous parlerons plus loin. Elle tient aussi à ce qu'un plus grand nombre de chaînons ner-

veux doit évidemment intervenir quand il s'agit de réflexes dont le centre est dans les régions supérieures du névraxe, par exemple dans l'écorce cérébrale, le point de départ étant situé à la périphérie, et l'excitation, par conséquent, ayant dû traverser, pour aboutir à l'encéphale, toute la série des neurones de la voie corticipète. Elle tient encore au fait de la nécessité, pour certains réflexes médullaires, en plus de l'intégrité du centre de réflexion, de l'intégrité aussi de neurones venant des régions supérieures, soit de l'écorce (réflexes cutanés des cliniciens), soit du pédoncule cérébral, du pont de Varole et du bulbe (réflexes tendineux). On comprendra enfin à quelle complexité de groupements neuroniens on peut avoir affaire, si on considère que pour le plus grand nombre de nos réflexes la seule intervention du système cérébro-spinal ne suffit pas, le fonctionnement de l'organe terminal étant sous la dépendance du sympathique.

2° VOIES D'ASSOCIATION

Les groupements neuroniens dont nous avons parlé jusqu'ici constituent des voies qui ne sont pas contenues tout entières dans les centres ; elles ont en dehors d'eux, soit leur origine (voies de projection sensorielles et voies réflexes centripètes), soit leur terminaison (voies de projection motrices et voies réflexes centrifuges).

A côté de ces groupements il en existe d'autres qui constituent des voies exclusivement centrales : leur origine est dans les centres, leur terminaison est dans les centres, et elles ne sortent des centres en aucun point de leur trajet. Ce sont des voies d'association.

Comme ces voies concourent à l'exécution soit de phénomènes conscients, soit de purs réflexes, nous pouvons, comme pour les voies de projection, distin-

guer des groupements physiologico-psychiques et des groupements physiologiques d'association.

1. — *Groupements physiologico-psychiques d'association*

Nous avons vu que les fibres de projection sensorielle aboutissaient dans des régions corticales des hémisphères cérébraux dont les limites sont connues, pour la plupart, d'une façon suffisamment précise. Ces régions, appelées *centres sensoriels*, ou sphères sensorielles, n'occupent, dans chaque hémisphère, qu'une minime partie du lobe temporal (centres auditif, olfactif et gustatif), du lobe occipital (centre visuel) et de la région rolandique pariéto-frontale (centre tactile). On a évalué au cinquième environ de la surface totale de l'écorce cérébrale, la place réservée aux sphères sensorielles. Quant à la sphère motrice volontaire, elle se confond avec la sphère tactile, dans la zone mixte sensitivo-motrice des circonvolutions rolandiques (1). Tout le reste des hémisphères, c'est-à-dire les quatre cinquièmes, serait occupé par des éléments d'association. Flechsig, au début de ses recherches sur la myélinisation des fibres nerveuses, avait cru pouvoir établir, entre les centres de projection et les centres d'association, une séparation très nette et absolue, fondée sur ce fait, que les centres d'association seraient complètement dépourvus de fibres de projection. Il résulte d'observations ultérieures que cette distinction ne peut être maintenue avec une pareille rigueur ; des centres

(1) La sphère tactile n'est pas la seule à donner naissance à des fibres motrices ; tous les centres sensoriels corticaux sont le point de départ de fibres corticifuges de projection, et peuvent, de ce point de vue, être qualifiés, comme ils l'ont été, en effet, de *centres sensitivo-moteurs*. Il faut cependant observer que ces fibres de projection extra-corticales annexées à chaque sphère sensorielle, ne sont probablement pas sous la dépendance de la volonté, et ne desservent que des fonctions réflexes en rapport avec les diverses excitations par les différentes voies de projection corticipète.

d'association, en effet, comme des autres, partent des fibres qui ont leur terminaison ailleurs que dans l'écorce.

Toutefois, la doctrine de Flechsig peut et doit être admise en ce qu'elle a d'essentiel. En effet, si les centres d'association possèdent des fibres corticifuges, ces fibres sont beaucoup moins nombreuses que celles des centres de projection. Il est à remarquer, d'ailleurs, qu'elles n'entrent pas dans la constitution de voies sortant du névraxe. On sait qu'elles se terminent dans la couche optique. On ignore, il est vrai, quels rapports elles y contractent ; mais il paraît démontré, du moins, que ces rapports ne les mettent en relation ni avec le système de projection sensorielle, ni avec aucun système de projection motrice : leur excitation, en tous cas, ne donne lieu à aucun phénomène de cette nature. De plus, comme Cajal l'a observé, il existe, dans la région moyenne de l'écorce cérébrale des zones sensitivo-motrices, un riche plexus constitué par l'enchevêtrement à ce niveau des ramifications terminales des derniers chaînons des voies sensorielles ; or ce plexus n'existe pas dans les centres d'association.

Ces particularités suffisent à établir l'existence, dans l'écorce cérébrale, de deux séries de zones anatomiquement distinctes, qui correspondent aux zones de projection et d'association de Flechsig. Les phénomènes consécutifs à la lésion de ces différents centres démontrent qu'ils sont aussi psycho-physiologiquement distincts.

Nous pouvons diviser en deux grandes classes tous les groupements associationnels : les uns mettent en relation deux régions différentes d'un même hémisphère ; ce sont les *groupements intra-hémisphériques*, constitués par les fibres d'association proprement dites ; les autres relient deux régions similaires n'appartenant pas au même hémisphère : ce sont des groupements

inter-hémisphériques, constitués par les fibres d'association appelées fibres commissurales.

a. — *Groupements intra-hémisphériques*

Les recherches entreprises dans le but de contrôler les premières affirmations de Flechsig par de nombreux neurologistes et par Flechsig, lui-même, ont laissé intacts les points essentiels et n'ont introduit quelques modifications que sur des points de détail que nous pouvons négliger ici. Les constatations anatomo-cliniques et les observations psycho-physiologiques sur le développement normal des facultés réflexes, sensorielles, et purement spirituelles, ont aussi confirmé dans leurs grandes lignes les données de la myélogénèse corticale sur lesquelles s'appuie la doctrine de Flechsig. Il faut nécessairement tenir compte de ces diverses indications pour se faire des dispositifs associationnels intra-hémisphériques une idée aussi exacte que possible.

Les différentes voies de projection sensorielle se terminent chacune dans leur sphère corticale spéciale, en formant, comme nous venons de le dire, par l'entrecroisement de leurs dernières ramifications, un plexus fibrillaire très dense. L'ébranlement nerveux qui s'est propagé jusque-là s'y communique aux cellules pyramidales moyennes, spéciales à ce niveau de l'écorce, et c'est de la modification provoquée dans ces cellules par cet ébranlement que résulte, pour la part qu'il convient de faire aux éléments anatomiques dans ce phénomène essentiellement organique, l'état subjectif conscient que nous appelons la sensation.

Ce dispositif est bilatéral, c'est-à-dire qu'il existe dans chacun des deux hémisphères, avec, peut-être, un développement plus considérable dans l'hémisphère

gauche chez les droitiers, et dans l'hémisphère droit chez les gauchers.

C'est tout autour de ces centres sensoriels du plexus que se développent les centres d'association, à l'intérieur de chaque hémisphère.

Les groupements associationnels intra-hémisphériques, sont ceux qui dans un même hémisphère établissent des relations, soit d'un centre sensoriel à son centre d'association spécial, soit d'un centre sensoriel à un autre centre sensoriel, soit des différents centres sensoriels à des sphères de concentration mixtes.

Ces groupements sont donc constitués par trois neurones au moins : un neurone dans chacun des deux centres qu'il s'agit de relier, et le neurone lui-même qui les relie. Ce dernier a évidemment une longueur très variable, selon qu'il établit des rapports entre deux lobes différents d'un même hémisphère (fibres interlobaires), ou, dans un même lobe (fibres intra-lobaires), entre deux circonvolutions éloignées l'une de l'autre ou adjacentes. Il faut remarquer du reste que certaines de ces fibres, qui naissent dans un hémisphère et s'y terminent par quelques-unes de leurs ramifications, peuvent se bifurquer sur leur parcours et pénétrer dans l'autre hémisphère par une de leurs branches, qui devient de ce fait une fibre commissurale.

Les centres d'association sont spécialisés, comme les centres de projection sensorielle, chacun de ces derniers ayant ses centres d'association propres : il y a des centres d'association visuels, auditifs, etc. Les centres d'association doivent donc aussi être bilatéraux, comme les centres sensoriels, et l'expérience prouve en effet qu'ils le sont. On peut toutefois se demander si les fonctions dévolues à un centre d'association, dans un hémisphère, sont exactement les mêmes que celles dévolues à son homologue dans l'hémisphère opposé. Par exemple, le centre visuel mnésique d'association

de l'hémisphère gauche exerce-t-il les mêmes fonctions de détail que le centre visuel mnésique d'association de l'hémisphère droit ?... Les observations anatomo-cliniques des anomalies du langage ne permettent pas d'affirmer l'identité fonctionnelle absolue des centres d'association homologues. Ainsi, le centre des images motrices d'articulation, le centre des images auditives des mots parlés, le centre des images visuelles des mots écrits, et peut-être le centre des images motrices de l'écriture, ne se trouvent que dans un seul hémisphère, le gauche ou le droit, selon qu'il s'agit d'un droitier ou d'un gaucher. On pense que l'accaparement de ces fonctions spéciales par un seul hémisphère, tient au développement plus grand que présentent de ce côté les centres sensoriels eux-mêmes en relation avec les centres d'association mnésiques auditifs et visuels. L'hémisphère privé de ces fonctions n'est pas d'ailleurs radicalement incapable de les exercer ; il peut intervenir, en effet, par voie de suppléance, en cas de lésion de l'hémisphère privilégié.

Les groupements associationnels qui constituent, par leur ensemble, la sphère du langage, sont les mieux connus. L'incertitude qui règne à l'égard de certains autres n'empêche pourtant point que l'on ait sur leur existence et leur fonction quelques données qu'on peut regarder comme définitives. Il est facile de comprendre comment on peut arriver sur ce point à une précision satisfaisante. On sait, en effet, que les différents centres d'association entrent en fonctionnement à des époques différentes de la vie extra-utérine, et que leur maturation progressive coïncide avec l'entrée en exercice des diverses facultés, chez l'enfant : comme, d'autre part, leur lésion, chez l'adulte, trouble cet exercice, ou même le supprime totalement et ramène l'homme, à ce point de vue, aux stades infantiles, on voit qu'il n'est pas impossible de saisir les rapports qui peuvent exister

entre tel centre d'association et telle fonction physiologico-psychique.

b. — *Groupements inter-hémisphériques*

Les deux hémisphères cérébraux, malgré le sillon profond qui les sépare, ne sont point complètement isolés, anatomiquement, l'un de l'autre. Précisément au fond de ce sillon se trouve une large commissure qui les réunit : *le corps calleux*.

Le corps calleux est une masse de substance blanche constituée par une quantité considérable de fibres nerveuses qui naissent dans un des deux hémisphères et se terminent dans l'hémisphère opposé. Le corps cellulaire de ces fibres siège dans l'épaisseur de l'écorce cérébrale. Sa signification est variable. Tantôt, c'est un corps cellulaire d'association intra-hémisphérique, qui envoie une collatérale dans l'autre hémisphère à travers la commissure calleuse ; tantôt un corps cellulaire de projection corticifuge, qui se comporte comme le précédent, tantôt un corps cellulaire que nous pourrions appeler corps cellulaire calleux, car il ne semble pas avoir d'autre fonction que de relier les deux hémisphères l'un à l'autre à travers la commissure. Son prolongement cellulifuge, avant de pénétrer dans le corps calleux, se divise en deux branches, l'une, la plus longue, qui passe dans l'hémisphère opposé, l'autre, relativement courte, et dont il est assez difficile d'interpréter le fonctionnement, qui s'épuise dans l'écorce grise du même côté, par quelques fines collatérales récurrentes.

Toutes les régions de l'écorce cérébrale possèdent des cellules à prolongement inter-hémisphérique calleux, sauf les sphères olfactives, et dans toutes les régions de l'écorce cérébrale, les mêmes sphères exceptées, aboutissent des fibres calleuses du côté opposé.

Comme pour les voies d'association intra-hémisphériques, les groupements dont nous parlons maintenant comprennent au moins trois neurones : le neurone dont le prolongement cellulifuge traverse le corps calleux, et les deux neurones qui s'articulent avec lui dans l'écorce grise de son hémisphère d'origine, et dans l'écorce grise de son hémisphère de terminaison. Le même dispositif existe pour les sphères olfactives, qui sont mises en communication, d'un hémisphère à l'autre, par deux commissures spéciales : la *commissure blanche antérieure*, et la *commissure psaltériale*.

2. — *Groupements physiologiques d'association*

Parmi les groupements neuroniens dont nous venons de parler, certains sont affectés, sans aucun doute, à des fonctions de sensorialité. Ainsi en est-il, par exemple, de tous ceux qui relient les centres de projection sensorielle aux centres d'association mnésique ; et il en est certainement de même de tous ceux qui, à travers les commissures, relient les centres sensoriels ou les centres d'association mnésiques d'un hémisphère, aux centres de même nature, homologues ou non, de l'hémisphère opposé.

Mais ce ne sont pas seulement les fonctions sensorielles qui sont desservies par des systèmes d'association ; des dispositifs semblables existent aussi, et peut-être en plus grand nombre, pour les fonctions purement réflexes.

Nous avons vu qu'un arc réflexe médullaire élémentaire pouvait être conçu comme constitué par deux neurones seulement, articulés prolongements cellulifuges à prolongements cellulipètes dans la substance grise de la moelle. Mais dans la réalité histologique normale, le neurone centripète, qui s'articule avec le neurone centrifuge, s'articule aussi, au même niveau,

avec des neurones centraux, c'est-à-dire avec des neurones qui ne sortent pas de la moelle, et dont la fonction est d'établir des communications entre les différents segments spinaux. Par l'intermédiaire de ces neurones centraux d'association, articulés, d'une part, avec le neurone centripète (ou neurone d'excitation), et d'autre part avec un nombre plus ou moins considérable de neurones centrifuges (ou neurones de réaction), à différents niveaux de la moelle, le phénomène réflexe, au lieu de se limiter à la contraction d'un seul muscle, se généralise et provoque une réaction musculaire souvent très étendue.

Ces groupements associationnels constituent les *voies courtes*, et comme ils appartiennent en propre à la moelle, on dit qu'ils sont constitués par des *fibres proprio-spinales* (Sherrington), ou *spino-spinales* (Van Gehuchten) ; en considérant qu'elles établissent des relations entre divers segments médullaires, on pourrait encore les appeler, avec Bochenek, *fibres intersegmentaires*. Tout le long du névraxe, d'ailleurs, de pareilles fibres existent, et il est bien probable que beaucoup de neurones cérébraux commissuraux n'ont pas d'autre but que d'assurer l'exécution de fonctions réflexes bilatérales. Enfin le système sympathique lui-même possède ses neurones d'association, qui ne sortent pas de l'axe ganglionnaire et n'ont avec la périphérie ou les centres cérébraux-spinaux, que des rapports indirects.

(A suivre). L. Boule, S. J.

LA

BALISTIQUE DU FUSIL DE CHASSE

La balistique du fusil de chasse est une science peu connue des intéressés, les chasseurs, et qui présente des particularités dont on n'a pas tenu compte jusqu'ici. La comparaison du fusil de chasse et du fusil de guerre, celui-ci bien étudié, a conduit à de graves erreurs au sujet des fusils de chasse : elle a réduit le progrès de la balistique de chasse à la découverte, à coup sûr importante, du choke, c'est-à-dire du rétrécissement du canon vers la bouche, ce qui accroît la densité du groupement.

Qui plus est, les chasseurs ne disposent guère d'éléments leur permettant de se faire une idée des qualités et des défauts de leurs fusils, de leur puissance, non plus que de leurs munitions, si diverses.

S'il n'est pas possible de résoudre en quelques pages toutes les questions qui se posent, on peut du moins élucider certains problèmes des plus importants parmi les plus accessibles ; j'ai tenté de le faire.

On est frappé, dès qu'on tire à plombs sur une cible, de la différence qui se présente d'un coup de fusil à l'autre, à tel point qu'on se demanderait volontiers s'il est possible de dégager des principes de tir généraux de semblables expériences. Cela se peut, à condition de procéder avec prudence et d'examiner les effets de centaines et de milliers de coups de fusil.

Parmi ceux-ci, il en est qui, au premier coup d'œil,

paraissent anormaux. On s'est gardé jusqu'ici de les mettre à part, on les a reliés aux autres coups de manière à former une chaîne continue. Il nous a semblé que ces coups représentaient au contraire une discontinuité dans le tir et nous avons dû, en conséquence, leur faire dominer cette étude, d'autant que leur importance dans le tir aux pigeons est très grande.

On ne sera donc pas surpris que nous envisagions tout d'abord un point qui paraît tout à fait particulier et que nous parlions des coups de fusil *anormaux* avant, pour ainsi dire, de parler des coups de fusil normaux.

I. COUPS ANORMAUX. FUSILS MODERNES ET ANCIENS

Défaut d'homogénéité de la dispersion. — La répartition des plombs dans une cible varie non seulement avec le canon de fusil et les munitions employées, mais encore d'un coup à l'autre, pour un même canon et pour des cartouches identiques.

Voici, par exemple, les nombres de plombs mis, lors de 10 épreuves de ce genre, dans un cercle de $0^{m}762$ de diamètre, placé à $36^{m}56$ (1) de la bouche du canon ; chaque cartouche comprenait 338 grains :

119, 143, 132, 133, 129, 142, 126, 131, 138, 130

soit, par ordre de grandeur,

35 %, 37 %, 38 %, 38 %, 39 %, 39 %, 39 %, 41 %, 42 %, 42 %.

Autre exemple, même distance, autre canon, 304 plombs par cartouche :

38 %, 49 %, 51 %, 55 %, 56 %, 60 %, 61 %, 62 %, 64 %, 66 %.

(1) Cercle type et distance type en Angleterre. C'est en Angleterre qu'on a fait le plus d'expériences sur les fusils de chasse.

Coups anormaux. — Nous faisons ici cette remarque *fondamentale*, que le coup de **38** % est *anormal*, sa différence, 11 %, avec le suivant, étant de beaucoup supérieure aux différences 2 %, 4 %, 1 %, 4 %, 1 %, 1 %, 2 %, 4 % que présentent entre eux les autres coups ; au contraire, 35 % n'était pas anormal dans la série précédente.

Quand les % d'une série, rangés par ordre de grandeur, présenteront une différence de 5 % et plus, tous les coups à gauche ou à droite de l'intervalle 5 % seront réputés anormaux. Exemple :

29 %, **31** %, **33** %, 39 %, 39 %, 41 %, 42 %, 46 %, 47 %, 47 %, **54** %

Beaucoup de séries de 10 coups, et même de 5 coups, présentent *un* ou *plusieurs* coups *anormaux*.

Nous relevons ici, dans des séries de 10 coups, faites chacune avec un même canon et des cartouches identiques, à charges normales, poudre sans fumée, les % *anormaux* et les % normaux extrêmes ; ces séries sont prises au hasard dans des groupes d'expériences étendus (1) ; les canons diffèrent d'une série à l'autre. Tir à 36m56 ; cible ronde 0m762 de diamètre :

Séries de 10 coups

Cal. 12, 31 gr. 90 chil. Shot, 304 grains	Cal. 16, 28 gr. 35 chil. Shot, 270 grains	Cal. 20, 24 gr. 81 chil. Shot, 236 grains
30 % à 45 %	52 % à 67 %	56 % à 67 %
38 %, 48 % à 65 %	**41** %, **49** %, 56 % à 70 %	55 % à 65 %
45 % à 51 %	31 % à 47 %	**28** %, 35 % à 49 %
58 % à 69 %	**20** %, **27** %, 35 % à 48 %	34 % à 50 %
34 % à 52 %	36 % à 52 %	**25** %, **26** %, 44 % à 55 %
43 %, 48 % à 57 %	41 % à 51 %	**33** %, 43 % à 57 %

(1) Les chiffres de cet article proviennent principalement de tirs relevés dans le journal THE FIELD, des ouvrages du général Journée : *Tir des fusils de chasse* et *Expérimentation des fusils de chasse*, et des expériences de l'auteur.

Aux séries de 10 coups dont il vient d'être question, nous préférons les séries de 5 coups, plus faciles à constituer, et qui renseignent aussi bien que celles-ci. Les coups *anormaux* ressortent mieux d'ailleurs dans les séries de 5 coups. Il se présente assez souvent, en effet, une série de 10 coups de la forme

50 %, 35 %, 41 %, 46 %, 42 %, 44 %, 38 %, 49 %, 43 %, 41 %

qui, écrite,

35 %, 38 %, 41 %, 41 %, 42 %, 43 %, 44 %, 46 %, 49 %, 50 %

ne présente pas de coups *anormaux*. Si nous partageons la série de 10 en deux séries de 5 et si nous l'écrivons

50 %, 35 %, 41 %, 46 %, 42 % 44 %, 38 %, 49 %, 43 %, 41 %,

ou, par ordre de %,

35 %, 41 %, 42 %, 46 %, 50 % 38 %, 41 %, 43 %, 44 %, 49 %,

un coup *anormal*, 35 %, est mis en évidence.

Il faut bien remarquer, en effet, que plus la série renferme de coups, plus les coups à bas pourcentage se relient entre eux, de façon à former une chaîne continue, ce qui fait disparaître le caractère indiqué d'anormalité ; par exemple, sur une série de 50 coups, on trouvera les %

19 %, 21 %, 24 %, 24 %, 25 %, 29 %, 31 %, 31 %, 31 %, 32 %,..., 47 %

dont les différences, inférieures à 5 %, ne mettent pas de coups anormaux en évidence. Mais si l'on divise cette série de 50 coups en 10 séries de 5 coups, il arrivera que les %

19 %, 21 %, 24 %, 25 %, 29 %, 31 %,

se montreront comme *anormaux* (1).

(1) M. le Général Journée, dont la compétence est connue, a bien voulu communiquer tout dernièrement à l'auteur les résultats inédits de nombreux

Dans le tableau que voici, nous avons pris seulement les 5 premiers coups des séries de 10 coups du tableau qui précède.

Séries de 5 coups

(Mêmes charges que dans le tableau qui précède)

Cal. 12	Cal. 16	Cal. 20
30 % 35 % à 44 %	52 % à 66 %	56 % à 67 %
38 % 48 % à 61 %	**41** % 56 % à 70 %	55 % à 62 %
45 % à 51 %	**31** % 36 % à 40 %	35 % à 48 %
58 % à 67 %	**20** % 43 % à 48 %	34 % à 43 %
34 % à 39 %	37 % à 43 %	25 %, 51 % à 54 %
48 % à 57 %	44 % à 51 %	47 % à 57 %

La suite de cette étude montrera que *les coups anormaux pourraient être, tout au moins en partie, imputables aux canons.* Voici d'abord des relevés concernant des fusils à percussion centrale. Pour chaque canon, il a été tiré 4 séries de 5 coups chacune. Nous donnons les nombres de coups *anormaux* des 4 séries. Poudre sans fumée ; charges de plomb : cal. 12, 31gr,90 ; cal. 16, 28gr,35 ; cal. 20, 24gr,81, chil. shot n° 6.

Cal. du fusil	Nombre de coups anormaux canon droit	Nombre de coups anormaux canon gauche	Cal. du fusil	Nombre de coups anormaux canon droit	Nombre de coups anormaux canon gauche
12	1	3	20	0	1
16	0	3	d°	3	1
d°	0	5	d°	3	1
d°	1	3	d°	1	1
d°	2	4	d°	3	3
d°	0	3	d°	1	2
d°	0	0	d°	1	6
d°	2	2	d°	6	0
			d°	5	7

tirs faits par lui, et notamment de 100 coups d'une même espèce de cartouches (poudre T, 1gr,55, plomb 27gr,45, nombre de plombs 168, tir à 20 m.) dans un canon choke moyen, calibre 16. Ces tirs montrent, c'est l'avis du général Journée, que pour un certain nombre de coups, une cause inconnue et assez fréquente a augmenté la dispersion et a diminué le nombre des plombs au centre du groupement et dans les cercles récepteurs.

soit 74 coups *anormaux* pour 680 coups de fusil, donc, en moyenne, *un coup anormal sur 9 :* et nous verrons tout à l'heure qu'avec des charges de plomb différentes de celles employées, le nombre des coups anormaux peut doubler.

Dans les séries précédentes, un seul fusil cal. 12 a été essayé. Voici, sur des séries de 5, les nombres de coups *anormaux* donnés par des canons cal. 12, lors d'essais divers faits avec des poudres sans fumée de bonne qualité et 31gr,90 de chil. shot n° 6.

N° d'ordre du canon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nbre de séries de 5	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2
Nbre de coups anormaux	3	3	0	1	0	0	1	2	0	1	0	0

soit 11 coups anormaux pour 110 coups de fusil, donc 1 coup anormal sur 10. Nous voyons que *certains canons ne donnent même pas un coup anormal sur 20, avec les charges restreintes de plomb indiquées.*

Effet des fortes charges de plomb, poudre en proportion, sur les coups anormaux. — Voici un relevé concernant des fusils calibre 20.

N° du canon	Charge 24gr,81 Nbre de coups anormaux dans 2 séries de 10	Charge 28gr,25 Nbre de coups anormaux dans 2 séries de 10
1	0	1
2	1	2
3	1	2
4	0	2
5	3	6
6	5	4
7	1	1
8	0	4
9	1	3
10	2	1
11	1	1
Totaux	15	27

Nous manquons de données suffisamment nombreuses pour les canons calibre 16 et 12. Nous pensons que, pour ceux-ci aussi, le nombre des coups anormaux est doublé, et devient environ 1 sur 5, quand on emploie les charges de $31^{gr},90$ pour le calibre 16 et de $36^{gr},44$ pour le calibre 12. *C'est donc une erreur de préférer un calibre 16 à un calibre 12 pour tirer $31^{gr},90$ de plomb.* Le dicton : « *beaucoup de plomb, peu de gibier* » a sa raison d'être. Cette manière de voir sera confirmée plus loin.

Nous allons faire une comparaison intéressante de nos fusils *chambrés* avec d'anciens fusils à pierre et à piston, avec lesquels on a tiré récemment des séries de 6 coups. Charge uniforme pour *tous :* $3^{gr},54$ d'une poudre noire forte, donnant la vitesse normale au plomb : bourres modernes de bonne qualité ; $36^{gr},44$ de chil. shot n° 6, donc charge tout à fait anormale pour les calibres 16 et 20. Distance $36^{m},56$.

N° d'ordre du canon	Nature du fusil	Cal. du canon	Nombres des plombs mis à chaque épreuve dans le cercle de $0^{m}762$ à $36^{m}56$ (rangés par ordre de grandeur)						Moyenne des 6 épreuves
—	—	—			—				—
1	fusil à pierre	11	110	112	114	114	120	137	118
2	d°	11	130	139	142	142	162	170	147 (43 %)
3	d°	11	111	122	141	150	159	160	141
4	d°	16	117	121	130	131	140	160	133
5	d°	16	111	120	130	130	137	148	129
6	fusil à piston	12	100	113	116	125	130	137	120
7	d°	12	111	118	119	129	131	140	125
8	d°	12	120	130	133	140	141	143	135
9	d°	12	103	110	135	138	140	143	128
10	d°	16	80	89	90	98	110	114	94 (28 %)
11	d°	20	86	88	91	98	110	120	99
12	d°	20	82	91	95	100	115	130	102
13	d°	20	100	103	106	111	119	124	110
14	d°	20	98	112	113	118	128	130	117

Sur 82 coups de fusil, nous avons 4 coups de fusil *anormaux* seulement, et encore sont-ils d'un pourcen-

tage élevé. Avec des fusils chambrés, nous aurions obtenu environ 16 coups anormaux, au moins, vu les charges de plomb employées. Il est vrai qu'un nombre assez grand de coups ayant fait balle (1) ont été éliminés par l'auteur de ces expériences.

Celles-ci porteraient à croire que nos fusils à percussion ne marquent aucun progrès sur les fusils à pierre et à piston. On peut poser la question, pour ce qui s'entend des coups *anormaux* : elle paraît présenter quelque importance.

Fusils chambrés, très faibles charges. — 12 canons calibre 16 ont été tirés, d'abord avec 28gr.35 de plomb, puis avec 24gr,81 (chil. shot n° 6), quantité de poudre en proportion ; on a fait 20 épreuves avec la première charge de plomb et 20 épreuves avec la seconde. On a partagé ces épreuves en séries de 5. Nous trouvons 27 coups *anormaux* dans le premier cas, soit un coup anormal sur 9, et 20 coups *anormaux* dans le second, soit un coup anormal sur 12. Les charges 31gr,90 (cal. 12), 28gr,35 (cal. 16) donneraient donc un coup *anormal* sur 9, et les charges 28gr,35 (cal. 12), 24gr,81 (cal. 16) ne donneraient plus qu'un coup *anormal* sur 12.

Si nous diminuons encore la charge et si nous tirons 24gr,81 seulement dans le cal. 12, nous retrouvons au contraire, à peu de chose près, le même nombre de coups *anormaux* qu'avec la charge 31gr,90. On a tiré en effet, dans 14 canons calibre 12, d'abord 20 charges de 28gr,35 chil. shot n° 6, et l'on a trouvé 22 coups *anormaux*, soit un coup *anormal* sur 13 ; les mêmes canons, tirés avec 20 charges chacun de 24gr81 chil. shot, poudre en proportion, ont présenté 29 coups *anormaux*, soit un coup *anormal* sur 10.

(1) Ces coups se présentent rarement dans les fusils à bascule, quand on emploie de bonnes cartouches.

Nous allons résumer ce qui précède, en le complétant encore :

1. *Les canons chambrés, tirés dans les meilleures conditions possible, donnent probablement tous des coups* anormaux.

2. *Dans des épreuves identiques, la proportion des coups* anormaux *des canons chambrés est à peu près constante pour chaque canon. Elle peut atteindre 1 coup sur 3 pour de fortes charges de plomb ou rester au-dessous de 1 coup sur 20 pour de faibles charges de plomb, et nous avons pu dresser le tableau suivant :*

Nombres moyens de coups anormaux pour différentes charges de plomb chil. shot n° 6. (Séries de 5 ou 10 coups, charge de poudre sans fumée donnant la vitesse moyenne)

	36gr,44	31gr,90	28gr,35	24gr,81
	—	—	—	—
Cal. 12	1/5	1/9	1/12	1/10
Cal. 16	?	1/5	1/9	1/12
Cal. 20	?	?	1/5	1/9

3. Il se peut, sauf essais contradictoires, que *les canons non chambrés* (fusils à pierre et à piston), *tirés avec n'importe quelle charge de plomb, poudre noire forte donnant la vitesse normale, ne donnent pas de coups anormaux ou, en tout cas, en donnent moins que les canons chambrés.*

Il y aurait peut-être lieu de reprendre l'étude des coups *anormaux* dans de bons fusils à piston ; il faudrait tirer dans chacun de ceux-ci 5, 10, 20, 100, coups, jusqu'à ce que des coups *anormaux* et leurs pourcentages soient mis en évidence. Si l'on rencontrait peu de coups *anormaux*, on pourrait, sans doute, d'après cette donnée, construire des fusils à bascule à peu près exempts de coups *anormaux*, ou modifier convenablement les cartouches de ces fusils.

Les coups *anormaux* vont tenir une grande place dans notre étude de la dispersion. On verra combien ils sont nuisibles au tir, au tir aux pigeons surtout.

Concluons de ce qui vient d'être dit que, pour les fusils actuels :

1. Tout canon destiné au tir aux pigeons doit être rejeté s'il donne plus de 1 coup *anormal* sur 5 à la charge usuelle de 36gr,44 de plomb chil. shot n° 6. Il sera nécessaire pour l'examen de tirer 4 séries de 5 coups chacune.

2. Tout canon destiné à la chasse, donnant plus de 1 coup *anormal* sur 9 aux charges moyennes (31gr,90 chil. shot n° 6 pour le cal. 12, 28gr,35 pour le cal. 16, 24gr,81 pour le cal 20) devra être rejeté ; il faudra tirer 2 séries d'essais de 5 coups chacune au moins, et, de préférence, 4 séries de 5 coups, pour essayer un canon.

3. On ne devra pas, à la chasse, dépasser les charges de 32gr de plomb (cal. 12), 28gr à 29gr de plomb (cal. 16), 25gr de plomb (cal. 20). Nous donnons plus loin les charges *optima* ; elles sont, en réalité, 32gr, 28gr, 24gr.

II. DISPERSION DANS LE CERCLE TYPE

Nous appelons *cercle type* la circonférence de 0m,762 de diamètre placée à 36m,56 de la bouche du canon.

Nous considérons des charges de plomb plutôt faibles (cal. 12, 31gr,90 ; cal. 16, 28gr,35 ; cal. 20, 24gr,81) et des séries de 10 coups ou plutôt de 5 coups, comme il vient d'être dit. Les tableaux des pp. 584 et 586 montrent que, *une fois les coups anormaux mis à part*, les °/₀ varient d'environ 12 °/₀ pour une même série de 10 coups, et parfois de 20 °/₀. Pour des séries de 5 coups, les °/₀ varient ordinairement de 10 °/₀ et parfois de 15 °/₀.

Ajoutons que : les moyennes 2 à 2 de chacune de ces

séries de 5 (dont on a éliminé les coups anormaux) variant pour un même fusil de 10 °/₀, si l'on prend les moyennes de 4 séries de 5, puis de 4 autres séries de 5, la différence des deux moyennes n'excédera pas 7 °/₀, mais cela suppose 40 coups de fusil tirés avec un même canon; dans les séries prises 8 à 8, 80 coups de fusil, les °/₀ moyens pourront encore différer de 4 °/₀; avec 160 coups de fusil, ce qui permettrait de former deux groupes de 16 séries de 5 coups chacun, la différence des °/₀ pourrait encore atteindre 3 °/₀;... on voit combien il est illusoire 1° de prétendre que le °/₀ est à peu près constant d'un coup de fusil à l'autre, 2° de chercher la moyenne exacte des °/₀ d'un canon de fusil.

Ces résultats sont le résumé de nombreuses observations.

Pour les fusils à piston, les °/₀ paraissent varier jusqu'à 14 °/₀, d'après le tableau de la p. 588; ils varieraient moyennement de 9 °/₀, dans les séries de 6 coups, et nous pouvons dire de 9 °/₀ aussi dans les séries de 5 coups, toutes ces moyennes étant forcément approximatives. Nous sommes tentés cependant de croire ces chiffres beaucoup trop faibles : ils seraient plutôt voisins de 20 °/₀.

Si nous tirons plusieurs séries de 5 coups avec un même canon, la différence des °/₀ extrêmes de chaque série est loin d'être constante ; nous trouverons, par exemple, pour 6 séries, les différences suivantes entre le meilleur et le plus mauvais coup de chaque série :

Canon n° 1	5 °/₀,	8 °/₀,	4 °/₀,	9 °/₀,	10 °/₀,	9 °/₀,
Canon n° 2	10 °/₀,	14 °/₀,	8 °/₀,	9 °/₀,	23 °/₀, (1)	9 °/₀,
Canon n° 3	4 °/₀,	16 °/₀,	6 °/₀,	15 °/₀,	8 °/₀,	11 °/₀, etc.

On ne peut donc pas demander aux armuriers une arme donnant des séries de 5 coups à pourcentages peu

(1) Ce chiffre exceptionnel paraît être dû à un coup ayant fait balle ; en éliminant ce coup, 23 °/₀ est remplacé par 11 °/₀.

différents les uns des autres, mais on peut spécifier que 5 coups *normaux* quelconques devront donner des pourcentages compris entre 65 °/₀ et 85 °/₀ (très fort choke), 55 °/₀ et 75 °/₀ (fort choke), 45 °/₀ et 65 °/₀ choke moyen), 35 °/₀ et 55 °/₀ (cylindrique amélioré), 25 °/₀ à 45 °/₀ (cylindrique), tir à 36^{m},56, cercle de 0^{m},762 de diamètre. Ceci obtenu, le classement des armes devra être fait uniquement d'après le nombre des coups anormaux.

Canons cylindriques et choke; effets des coups anormaux. — Nous nous occupons toujours de cibles placées à 36^{m},56 et de cercles de 0^{m},762 de diamètre ; plomb de 2^{mm},6, n° 6, Newcastle; mais nous partageons le cercle type, de 0^{m},762, comme il suit.

Traçons des cercles concentriques de *diamètres* :

0^{m},381 0^{m},539 0^{m},661 0^{m},762 0^{m},852 0^{m},934

choisis de manière que le petit cercle intérieur et chacune des 5 couronnes ait la même aire (11^{dcmq},401).

Sur une telle cible, la distinction des canons cylindriques et choke est parfaitement nette. Choke et cylindrique mettent, en moyenne, le même nombre de plomb dans les zones 0^{m},762-0^{m},852, 0^{m},852-0^{m},934, environ 7 °/₀ dans la première et 6 °/₀ dans la seconde.

Dans les zones 0^{m},661-0^{m},762, 0^{m},539-0^{m},661, 0^{m},381-0^{m},539 et dans le cercle 0^{m},381, le cylindrique mettra à peu près 8 °/₀, 9 °/₀, 11 °/₀, 13 °/₀, tandis que le choke peut arriver à 10 °/₀, 15 °/₀, 21 °/₀, 25 °/₀ et parfois un peu plus. Ces chiffres s'entendent des calibres 20, 16 et 12, indistinctement.

Le choke ramène donc, en quelque sorte, dans les plus petits cercles, les grains de plomb extérieurs au cercle de 0^{m},934 ; le cylindrique laisse 40 °/₀, en moyenne, des plombs en dehors de ce cercle et le

choke, suivant son degré, en laisse de 35 % à 10 %, moins encore.

Sur les 40 % laissés par le cylindrique en dehors du grand cercle de $0^m,934$, 30 % se trouvent entre le cercle de $0^m,934$ et un cercle concentrique de $1^m,50$ de diamètre ; ils sont très inégalement répartis dans cette couronne; celle-ci offre cependant un réel danger pour le lièvre, le faisan, le lapin ; par contre, le perdreau passe assez souvent à travers. On peut dire, d'autre part, que le canon cylindrique, garnissant relativement peu la pièce, *blesse* plutôt qu'il ne tire dans le cercle de $1^m,50$, que le choke fort *blesse* dans la couronne $0^m,661$-$0^m,934$ (ce dernier chiffre à majorer pour le choke faible) et *tue* dans le cercle de $0^m,661$. C'est ainsi que les grands tireurs *tuent* le gibier, au lieu que les tireurs ordinaires le blessent : les premiers se servent du choke et les autres du cylindrique. Nous donnons ici l'explication d'un fait bien connu.

Quant aux coups *anormaux*, les zones $0^m,762$-$0^m,852$, $0^m,852$-$0^m,934$ contiennent encore environ 7 % et 6 % des plombs ; ce sont les zones centrales qui sont dégarnies (1).

Voici quelques exemples de séries de 5 coups. Les coups anormaux sont marqués d'un *.

Cal. 12, $31^{gr},90$ grains chil. shot, 304 grains. — Nombres de grains mis dans les cercles ou couronnes

Canon cylindrique							*Canon choke faible*						
Petit cercle	1re cour.	2me cour.	3me cour.	4me cour.	5me cour.	Cercle de $0^m,762$	Petit cercle	1re cour.	2me cour.	3me cour.	4me cour.	5me cour.	Cercle de $0^m,762$
30	28	27	27	16	21	112	50	36	35	30	19	17	151
36	27	37	30	25	18	120	46	40	33	23	21	19	142
35	25	26	25	18	22	111	48	35	34	31	23	18	148
30	33	21	19	14	17	103	38	41	32	28	26	22	139
33	30	30	27	24	21	120	49	37	31	26	24	23	143

(1) Les coups anormaux à bas pourcentage sont beaucoup plus fréquents que les coups anormaux à haut pourcentage, à tel point qu'il n'y a guère lieu de tenir compte de ces derniers. On suppose ici que le tir est fait avec de bonnes cartouches.

Canon choke fort

Petit cercle	1re cour.	2me cour.	3me cour.	4me cour.	5me cour.	Cercle de 0m,762
83	57	43	21	19	20	204
53	54	38	32	27	18	177*
67	55	45	30	26	21	197
84	61	32	28	18	19	205
80	56	39	26	20	16	201

Cal. 16, 28gr,35 plomb chil. shot, 270 grains. — Nombres de grains mis dans les cercles ou couronnes

Canon cylindrique

Petit cercle	1re cour.	2me cour.	3me cour.	4me cour.	5me cour.	Cercle de 0m,762
40	26	28	25	19	17	119
35	30	30	23	26	24	118
12	17	11	13	14	20	53*
26	44	22	25	22	20	117
39	27	36	27	20	21	129

Canon choke faible

Petit cercle	1re cour.	2me cour.	3me cour.	4me cour.	5me cour.	Cercle de 0m,762
63	38	36	26	19	16	163
66	42	32	29	20	18	169
40	40	30	15	21	19	125*
56	44	33	28	18	11	170
53	26	38	24	26	18	141*

Cal. 20, 24gr,81 plomb chil. shot, 236 grains. — Nombres de grains mis dans les cercles ou couronnes

Canon cylindrique

Petit cercle	1re cour.	2me cour.	3me cour.	4me cour.	5me cour.	Cercle de 0m,762
12	14	11	14	15	15	51*
30	28	23	18	20	19	99
34	33	21	22	19	13	110
40	29	29	17	15	11	115
27	26	27	21	16	20	101

Canon choke faible

Petit cercle	1re cour.	2me cour.	3me cour.	4me cour.	5me cour.	Cercle de 0m,762
53	44	26	17	17	13	140
60	25	22	26	15	15	133
63	29	25	17	19	18	134
45	47	36	30	20	17	158
54	32	31	20	21	12	137

Explication d'un paradoxe. *Les canons calibre 20 sont réputés donner un tir plus serré que les 16 et les 12. Il n'en est rien.* Il est exact cependant qu'il est plus difficile de tuer le gibier avec un 20 qu'avec un 16 et surtout un 12, et en voici la raison.

Un 12 comporte 304 grains, au moins, de chil. shot n° 6. Proportionnellement, un 16 en comporte 270

grains, un 20 en comporte 236 grains. Si nous nous reportons aux moyennes données plus haut, nous pourrons former le tableau que voici :

		Nombre de grains mis dans				
	le petit cercle	la cour. 0m,381-0m,539	la cour. 0m,539-0m,661	la cour. 0m,661-0m,762	la cour. 0m,762-0m,852	la cour. 0m,852-0m,934
Cal. 12 cyl.	40	33	27	24	21	18
Cal. 16 d°	35	30	24	22	19	16
Cal. 20 d°	31	26	21	19	17	14

Nous voyons ainsi : 1° que le 12 a plus de chances de tuer que le 16 et à fortiori que le 20 dans une couronne donnée, par exemple dans la dernière ; 2° (et ceci explique le paradoxe) que le 12 a autant de chances de tuer dans la couronne 0,661-0,762 que le 16 dans la couronne 0,539-0,661 et le 20 dans la couronne 0,381-0,539. En visant très juste avec un 20, on a donc autant de chances de tuer qu'en visant médiocrement avec un 12. Par contre, en considérant les nombres du *petit cercle*, on voit qu'en visant très juste on a plus de chances de tuer avec un 12 qu'avec un 16 et surtout un 20. Il ne faut donc pas dire que le 20 serre plus que le 12 (1), mais qu'*il est nécessaire de viser plus juste avec le 20 qu'avec le 12.*

Fortes charges de plomb, quantité de poudre en proportion. — Nous avons examiné un grand nombre de tirs faits avec des canons calibre 20, à charge de 24gr,81 et 28gr,35 de plomb, poudre sans fumée en proportion. Il résulte de la comparaison des coups que, pour tel canon, cylindrique ou choke, une *même* partie

(1) Ou si peu que rien ; à égale longueur de canon, le calibre 20 sera comparable à un 12 très long et groupera comme le 12 très long, donc un peu plus que le 12 de même longueur que lui.

de la surcharge prendra constamment place dans le cercle de $0^m,661$, l'autre partie étant rejetée hors du cercle de $0^m,934$. Quelques canons seulement mettent toute la surcharge dans le cercle de $0^m,661$; aussi rares sont ceux qui rejettent toute la surcharge hors du cercle de $0^m,934$. Ceci doit, croyons-nous, être vrai des calibres 16 et 12, pour lesquels nous n'avons que peu de données. On voit que, pour le tir du lapin, par exemple, où l'on cherche un coup dispersé, il semble bon, mais pour certains canons seulement, de réduire la charge de poudre. Un canon, à ce destiné, devra être essayé par deux séries de 5 coups, au moins. La surcharge paraît doubler, nous l'avons vu, le nombre des coups anormaux.

Voici quelques chiffres concernant le calibre 20. Les coups anormaux ont été éliminés ; aussi les séries, qui étaient de 10, sont-elles, la plupart, réduites à un nombre de coups moindre.

Cal. 20. Plomb 24gr,81. 236 grains. Tir à 36m,56

			Nombre de plombs dans								
N° du canon	Nombre de coups anorm. ds 2 sér. de 10	Nombre de coups de la série	Cercle de 0m,381	Cour. 0m,381-0m,539	Cour. 0m,539-0m,661	Cour. 0m,661-0m,762	Cour. 0m,762-0m,852	Cour. 0m,852-0m,934	Cercle de 0m,762	Cercle de 0m,934	Hors du cercle 0m,934
1*	0	10	26	24	20	18	15	15	88	118	118
2	1	10	31	22	20	20	15	15	93	123	113
3	1	10	31	23	23	20	18	14	97	129	107
4	0	10	35	31	22	15	16	15	103	134	102
5	3	8	40	30	27	23	14	14	120	148	88
6	5	7	41	35	24	23	17	14	123	154	82
7	1	10	45	37	29	23	18	13	134	165	71
8	0	10	54	35	28	23	18	16	140	174	62
9	1	10	52	42	28	19	13	13	141	167	69
10	2	9	47	44	33	20	16	10	144	172	64
11	1	10	57	39	29	21	16	13	146	175	61

Cal. 20. Plomb 28gr,35. 270 grains Tir à 36m,56 (surcharge 34 grains).

N° du canon	Coups anor. dans 2 séries de 10	Nombre de coups de la série	Nombre de plombs dans: Cercle de 0m381	Cour. 0m381-0m539	Cour. 0m539-0m661	Cour. 0m661-0m762	Cour. 0m762-0m852	Cour. 0m852-0m934	Cercle de 0m762	Cercle de 0m934	Hors du cercle de 0m934	Partie de la surcharge hors du cercle de 0m934
1	1	10	41	31	28	20	15	13	120	148	122	4
2	2	8	32	29	24	18	17	14	103	134	136	23
3	2	10	37	32	28	20	17	16	117	150	120	13
4	2	9	34	28	25	21	15	15	108	138	132	30
5	6	7	30	29	22	22	18	13	103	134	102	14
6	4	7	41	33	28	23	20	18	125	163	107	25
7	1	10	45	39	31	26	20	19	141	180	90	19
8	4	8	49	41	30	23	17	15	143	175	90	28
9	3	8	49	39	26	20	17	16	124	157	113	44
10	1	9	58	51	36	26	18	17	171	206	64	0
11	1	9	47	37	31	23	16	14	138	168	102	41

Nombre de coups anormaux avec 24gr,81 de plomb (22 séries de 10 coups) : 15.

Nombre de coups anormaux avec 28gr,35 de plomb (22 séries de 10 coups) : 29.

Les nombres de coups anormaux, variables d'un canon à l'autre, font apparaître la réalité de ce qu'on nomme : *le tempérament d'un canon*. Nous avions déjà soupçonné, à propos des coups anormaux, que deux canons, pris au hasard, ne se comportent pas semblablement.

Faibles charges de plomb, charges de poudre en proportion. La comparaison de tirs nombreux, exécutés avec des canons calibre 16, d'une part avec 28gr,35 de plomb, (270 grains), d'autre part avec 24gr,81 de plomb (236 grains) montre :

1° Que la zone extérieure au cercle de 0m,934 reçoit 6 °/₀ (6 °/₀ de 270) de plombs en moins quand on tire avec 236 grains, au lieu de 270 ; 2° que dans les mêmes conditions les zones 0m,852-0m,934, 0m,762-

$0^m,852$ reçoivent 5 % et 6 % (de 270) au lieu de 6 %, 7 %; 3° que dans les cylindriques et les choke moyens, la zone 0^m661-$0^m,762$ reçoit le même nombre de plombs, que l'on tire avec 270 grains ou avec 236 ; cette zone, dans les choke forts, contient 2 % de plombs en moins quand on tire avec 236 grains : 4° pour tous les canons, les zones $0^m,381$, $0^m,381$-$0^m,539$, $0^m,539$-$0^m,661$ voient leurs pourcentages *diminuer* de 2 %, quand on tire avec 236 grains au lieu de 270.

Sauf le cas où le cercle de $0^m,661$ est seul meurtrier, ou doit être considéré comme tel, tir aux pigeons, emploi à la chasse de gros plomb (en admettant que le gros plomb se comporte comme le plomb n° 6), il n'y aurait donc aucun inconvénient à employer pour les cal. 12, 16 les charges respectives :

a) $28^{gr},35$, $24^{gr},81$

au lieu de

b) $31^{gr},90$, $28^{gr},35$.

que nous avons indiquées ; le tir serait un peu moins dense, mais les coups anormaux seraient moins nombreux ($^1/_{12}$ au lieu de $^1/_9$, p. 590); mais il advient que le pourcentage des plombs dans le cercle de $0^m,762$, lors de coups anormaux, est sensiblement plus faible avec les charges *a* qu'avec les charges *b*. Nous nous en tenons donc, *en définitive*, aux charges *b*, que voici :

Charges de plomb optima avec les fusils chambrés

Cal. 12	Cal. 16	Cal. 20
$31^{gr}90$ (32 gr.)	$28^{gr},35$ (28 gr.)	$24^{gr}81$ (24 gr.)

On prend, souvent, 23 gr. ou 24 gr. avec le cal. 20, ce qui permet l'emploi de bourres plus longues ; 24 gr. nous paraît être la charge la meilleure. Avec ces

charges, un bon fusil donnera, en moyenne, 1 coup anormal sur 10, seulement, et la densité du coup sera convenable.

III. LE TIR A $27^m,43$

Ce tir présente une grande importance. C'est à cette distance que se font, en effet, les tirs aux pigeons.

Nous manquons, malheureusement, de données suffisamment nombreuses et, ici, nous ne pouvons que rapporter des indications.

Couronne $0^m,539$-$0^m,661$. — Cette couronne est moyennement dangereuse ; quelques pigeons seront seulement blessés et tomberont en dehors de l'enceinte, ce qui est considéré comme coup nul. Elle est d'autant moins dangereuse que le choke est plus fort. Sauf la présence des coups *anormaux*, elle serait peut-être suffisante avec les canons cylindriques.

Couronne $0^m,381$-$0^m,539$. — Le pigeon est sûrement tué, croyons-nous, que le canon soit cylindrique ou choke, quand le coup est normal. Quand le coup est anormal, il n'y a guère plus de chances de tuer avec le canon choke.

Cercle de $0^m,381$. — Les coups normaux sont certainement tuants quand le canon est cylindrique, et à plus forte raison quand il est choke. Les coups *anormaux* d'un canon choke sont presque tous tuants ; pour un même choke, deux canons différents donneront : l'un des coups anormaux à très bas pourcentages, l'autre des coups anormaux à pourcentages plus élevés ; le second devra être préféré. La distinction peut exiger 100 coups de fusil pour chaque canon : elle se mani-

feste, le plus souvent, avant qu'on ait tiré 50 coups de fusil pour chaque canon.

Dans ce cercle, les coups anormaux d'un canon cylindrique descendent, *bien plus souvent que pour les choke*, à une limite telle que le pigeon n'est pas tué.

Ainsi :

Pour un canon ne donnant pas de coups anormaux (il n'existe aucun fusil chambré de ce genre) le cercle de $0^m,539$ serait sûrement tuant, que le canon soit cylindrique ou choke ; ce cercle pourrait être de $0^m,661$ pour les canons cylindriques, et ceux-ci seraient alors préférables aux canons choke.

Pour nos fusils usuels, le cercle de $0^m,381$ doit seul être regardé comme tuant sûrement, à condition que le canon soit choke fort, et pour certains canons seulement ; il se peut toutefois que certains coups des meilleurs canons (1) ne soient pas tuants pour ce cercle.

Toujours pour le tir aux pigeons, la charge de $36^{gr},44$ de plomb doit être préférée à la charge de $31^{gr},90$, dans le but d'abaisser le moins possible les % des coups anormaux dans le cercle de $0^m,381$. L'usage et l'expérience sont d'accord avec la théorie.

Quant à ce qui est de la chasse, le canon cylindrique est à préférer, à cette distance, au canon choke : car le meilleur tireur vise médiocrement à la chasse une fois sur 5, au moins ; or les coups anormaux, à corriger (à cette distance) par le choke, sont, pour une charge et un fusil convenables, dans la proportion de 1 à 10, tout au plus, nombre inférieur de moitié au précédent.

IV. DISPERSION A DIFFÉRENTES DISTANCES

Il semble, à première vue, que, pour une même cible, le nombre de plombs diminue des 3/4 quand

(1) J'appelle ainsi le canon dont les coups anormaux ne sont jamais à trop bas pourcentage dans le cercle $0^m,381$.

la distance devient double, qu'il est réduit au 9me quand la distance devient triple, autrement dit que la dispersion est proportionnelle à la distance. Il n'en est rien. En voici des exemples :

N° du canon	Nature du canon	Nombre de plombs mis dans le cercle de 0m762 à la distance				
		18m28	27m42	36m56	45m70	54m84
—	—	—	—	—	—	—
1	cylindrique	84 %	46 %	39 %	26 %	18 %
2	id.	87 %	56 %	43 %	25 %	20 %
3	choke fort	100 %	88 %	72 %	38 %	26 %
4	choke très fort	100 %	91 %	77 %	52 %	33 %

N° du canon	Nature du canon	Nombre de plombs mis dans le cercle de 1m22 à la distance				
		18m28	27m42	36m56	45m70	54m84
—	—	—	—	—	—	—
1	mêmes	94 %	76 %	56 %	38 %	29 %
2	canons	99 %	86 %	77 %	53 %	39 %
3	que	100 %	97 %	82 %	56 %	40 %
4	ci-dessus	100 %	99 %	98 %	82 %	64 %

La section de la gerbe par un plan contenant l'axe du canon n'est pas la figure formée par deux droites issues de la bouche du canon : elle est constituée par deux branches de parabole, dont les concavités sont tournées vers l'axe du canon.

Il est d'usage de faire intervenir ici la notion d'*écart probable*. Soit sur une cible 60 impacts ; traçons : 1° la droite horizontale qui laisse *en-dessus* d'elle 15 impacts ; 2° la droite horizontale qui laisse *en-dessous* d'elle 15 impacts ; la bande formée par les deux droites renferme 30 impacts : *la demi-largeur de cette bande horizontale, qui renferme la moitié des impacts, est l'écart probable horizontal.* On peut semblablement tracer une bande *verticale* renfermant la moitié des impacts, en laissant 1/4 à gauche, 1/4 à droite ; la demi-largeur de cette bande verticale est l'*écart probable vertical.*

Écart probable vertical, écart probable horizontal

diffèrent peu l'un de l'autre (1 à 2 °/₀) ; leur moyenne arithmétique est l'*écart probable*.

Voici le relevé d'essais faits avec 4 fusils calibre 12. Avec chacune de ces armes on a tiré sur trois cibles recouvertes de papier très mince, placées les unes derrière les autres, à 10,25 et 40 mètres de la bouche du canon ; les écarts probables E_p (centimètres) relatifs à ces armes aux distances indiquées se résument dans les formules suivantes, où P désigne la distance en mètres de la cible à la bouche du canon :

1.	(Canon cyl. à forte dispersion)	$E_p = 0{,}75\ P + 0{,}0043\ P^2$
2.	(Ganon cyl. à moyenne dispersion)	$E_p = 0{,}614\ P + 0{,}0036\ P^2$
3.	(Canon choke moyen)	$E_p = 0{,}468\ P + 0{,}00285\ P^2$
4.	(Canon choke très fort)	$E_p = 0{,}37\ P + 0{,}002\ P^2$

J'observe qu'on peut écrire ces formules sans erreur sensible :

1. $E_p = 0{,}00432\ P\ (173 + P)$
2. $E_p = 0{,}00356\ P\ (173 + P)$
3. $E_p = 0{,}00273\ P\ (173 + P)$
4. $E_p = 0{,}00211\ P\ (173 + P)$

les écarts probables se résumeraient dans la formule

$$E_P = A_F \cdot P(B_C + P)$$

où A_F caractériserait le canon de fusil et B_C la cartouche : *l'écart probable d'un canon varie en effet avec la nature de la cartouche*. Ce résultat qui serait du plus haut intérêt, n'est malheureusement pas d'accord avec certains chiffres donnés par le Gᵃˡ Journée. En raison des *coups anormaux*, dont l'importance a été méconnue jusqu'ici, il y aurait lieu de reprendre la question.

Il est simplement acquis que l'écart probable E_P d'un canon est représenté par une expression de la forme

$$E_p = A \cdot P + B \cdot P^2,$$

où A, B sont des constantes dépendant du canon et de la nature de la cartouche et où P désigne la distance de la cible à la bouche du canon.

Des notions théoriques, basées sur le calcul des probabilités, et suffisamment concordantes avec l'expérience, montrent que, R_{50} étant le rayon du cercle contenant 50 % des plombs d'une charge et ayant pour centre le point moyen des impacts, R_{50} et E_p sont liés par la relation

$$R_{50} = 1,746 \times E_p, \quad E_p = 0,573 \times R_{50}.$$

Relation entre le pour cent des plombs mis dans le cercle de rayon x, E_p, R_{50}

$\frac{x}{R_{50}}$	%	$\frac{x}{R_{50}}$	%	$\frac{x}{R_{50}}$	%	$\frac{x}{R_{50}}$	%	$\frac{x}{R_{50}}$	%	$\frac{x}{R_{50}}$	%
0,02	0,03	0,34	7,70	0,66	26,06	0,98	48,61	1,30	69,01	1,80	89,42
0,04	0,11	0,36	8,59	0,68	27,42	1,00	50,00	1,32	70,11	1,85	90,67
0,06	0,25	0,38	9,53	0,70	28,80	1,02	51,38	1,34	71,19	1,90	91,84
0,08	0,44	0,40	10,50	0,72	30,18	1,04	52,75	1,36	72,25	1,95	92,83
0,10	0,69	0,42	11,51	0,74	31,58	1,06	54,11	1,38	73,29	2,00	93,75
0,12	0,99	0,44	12,55	0,76	32,99	1,08	55,45	1,40	74,30	2,10	95,30
0,14	1,35	0,46	13,64	0,78	34,40	1,10	56,77	1,42	75,29	2,20	96,51
0,16	1,76	0,48	14,76	0,80	35,83	1,12	58,08	1,44	76,24	2,30	97,44
0,18	2,22	0,50	15,91	0,82	37,25	1,14	59,37	1,46	77,18	2,40	98,16
0,20	2,73	0,52	17,09	0,84	38,68	1,16	60,65	1,48	78,09	2,50	98,69
0,22	3,30	0,54	18,29	0,86	40,11	1,18	61,90	1,50	78,98	2,60	99,08
0,24	3,91	0,56	19,54	0,88	41,54	1,20	63,14	1,55	81,09	2,70	99,36
0,26	4,58	0,58	20,80	0,90	42,96	1,22	64,36	1,60	83,04	2,80	99,56
0,28	5,29	0,60	22,08	0,92	44,38	1,24	65,55	1,65	84,85	2,90	99,71
0,30	6,05	0,62	23,39	0,94	45,80	1,26	66,73	1,70	86,51	3,00	99,80
0,32	6,85	0,64	24,72	0,96	47,21	1,28	67,88	1,75	88,03	3,50	99,98

Ce tableau permet de résoudre les problèmes tels que ceux-ci :

I. — *On a mis 96 °/₀ des plombs dans un cercle de rayon* $x = 0^m,762$. Calculer R_{50} et E_p.

Ici $\frac{x}{R_{50}} = \frac{0^m,762}{R_{50}}$ correspond à 96 °/₀ ; donc, puisque dans la table 96 °/₀ correspond à 2,20,

$$\frac{0^m,762}{R_{50}} = 2,20, \quad R_{50} = \frac{0^m,762}{2,20} = 0^m,346;$$

puis

$$E_p = 0,573 \times R_{50} = 0,573 \times 34^{cm},6 = 19^{cm},82.$$

II. — *On a mesuré* $E_p = 19^{cm},82$. *Quel est le °/₀ mis dans le cercle de* $0^m,762$?

$$R_{50} = 1,746 \times E_p = 0^m,346$$

$$\frac{0^m,762}{R_{50}} = \frac{0^m,762}{0^m,346} = 2,2;$$

au nombre $\frac{x}{R_{50}} = 2,2$ la table fait correspondre 96,51 ; le °/₀ est 96,51.

Ici se pose cette question :

Avec la charge normale, doit-on user à la chasse du canon cylindrique, du canon choke ou du canon fort choke quand on tire à 50-60 mètres ?

Le bon sens, l'expérience répondront : un tireur médiocre, touchant 1 pièce sur 4 à 36^m, devra employer le canon cylindrique ; un bon tireur, touchant 1 pièce sur 2 à 36^m, emploiera le choke : le très bon tireur, atteignant 3 pièces sur 4 ou 4 pièces sur 5 à 36^m, usera du canon fort choke.

Approfondissons la question.

Reprenons la formule donnée précédemment pour les canons cylindriques moyens

$$E_p = 0,614 \,.\, P + 0,0036P^2$$

et cherchons les °/₀ relatifs, à 36^m56, aux cercles de *rayons*

$$0^m,381 \quad 0^m,539 \quad 0^m,661 \quad 0^m,762$$

Nous trouverons :

$$E_p = 27,26,$$

puis

$$R_{50} = 1,746 \times 27,26 = 47^{cm},60$$

et nous calculerons, comme il a été dit, que ces cercles contiennent respectivement

36 °/₀ 58 °/₀ 74 °/₀ 83 °/₀.

Tirons 32 gr. de chil. shot n° 6, soit 304 grains; les cercles contiendront en moyenne,

108 grains 174 grains 222 grains 249 grains

que nous partagerons comme il suit :

Cercle de $0^m,381$ de rayon	Couronne $0^m,381$-$0^m,539$	Couronne $0^m,539$-$0^m,661$	Couronne $0^m,661$-$0^m,762$
108 grains	66 grains	48 grains	27 grains.

Le petit cercle de $0^m,381$ de rayon et chacune des couronnes ont une aire d'environ 46 décimètres carrés ; le nombre de plombs par décimètre carré est donc, en moyenne, dans ces différentes aires,

108 : 46 66 : 46 48 : 46 27 : 46.

Un perdreau, un lapin tiré en queue, ayant 2^{dcmq} de superficie, recevra les nombres de plombs que voici

108 : 23 = 4,7 66 : 23 = 2,9 48 : 23 = 2,1 27 : 23 = 1,2.

Admettons que, en raison de l'irrégularité du grou-

pement, la densité des impacts varie de 1 à 4; les nombres d'atteintes seront figurés par l'un des nombres

2,3,4,5,6,7 1,2,3,4,5 0,1,2,3,4 0,0,1,2

Admettons que perdreau ou lapin accusent toujours 4 plombs n° 6 chil. shot à 36m,56, que 3 plombs soient accusés 3 fois sur 4, que 2 plombs le soient 2 fois sur 4, que 1 plomb le soit 1 fois sur 4 ; le nombre moyen d'atteintes accusées sera

$$\frac{2}{4}+\frac{3}{4}+1+1+1+1 \qquad \frac{1}{4}+\frac{2}{4}+\frac{3}{4}+1+1$$

$$\frac{1}{4}+\frac{2}{4}+\frac{3}{4}+1 \qquad \frac{1}{4}+\frac{2}{4}$$

soit

5 sur 6 3,5 sur 5 2,5 sur 5 1 sur 4.

A 5 sur 6 nous substituons 4 sur 5 en raison des coups *anormaux*, et à 3,5 sur 5 nous substituons de même 2 sur 3, ce qui nous donne comme nombre moyen d'atteintes accusées à 36m,56

4 sur 5 2 sur 3 1 sur 2 1 sur 4

cela sur les bords des cercles de diamètres respectifs

0m,384 0m,539 0m,661 0m,762

Il faudrait retrancher de ces diamètres la demi-largeur de la pièce de gibier, mais en raison de la forme que prend la suite des calculs, cela n'importe que peu.

Que deviennent ces chiffres à 60 mètres ? Les diamètres des cercles croissent dans le rapport de 36m,56 à 60m et sont alors

0m,62 0m,89 1m,08 1m,28

Calculons le nombre d'atteintes que subira une pièce de gibier dans ces cercles. A 60m nous avons les écarts probables

canon bon cylindrique	$E_{p,1} = 0{,}614 \times 60 + 0{,}0036 \times 60^2 = 49^{cm},80$
canon choke moyen	$E_{p,2} = 0{,}468 \times 60 + 0{,}00285 \times 60^2 = 39^{cm},34$
canon choke très fort	$E_{p,3} = 0{,}37 \times 60 + 0{,}002 \times 60^2 = 29^{cm},4$

on en déduit

canon bon cylindrique	$R_{50,1} = 1{,}746 \times E_{p,1} = 86^{cm},95$
canon choke moyen	$R_{50,2} = 1{,}746 \times E_{p,2} = 68^{cm},69$
canon choke très fort	$R_{50,3} = 1{,}746 \times E_{p,3} = 51^{cm},33$

on en déduit ensuite les valeurs de $\frac{x}{R_{50}}$ où $x = 0^m,62$, $0^m,89$, $1^m,08$, $1^m,28$:

Valeurs de $\frac{x}{R_{50}}$ à 60m

Canon bon cylindrique	0,71	1,03	1,25	1,47
Canon choke moyen	0,90	1,29	1,57	1,85
Canon choke très fort	1,21	1,74	2,12	2,51

Auxquels correspondent les % — distance 60m —

	Cercle de 0m,62 de ray.	Couronne 0m,62-0m,89	Couronne 0m,89-1m,08	Couronne 1m,08-1m,28
Canon bon cylindrique	33 %	19 %	13 %	12 %
Canon choke moyen	73 %	26 %	12 %	10 %
Canon choke très fort	63 %	25 %	7 %	4 %

Si l'on tire, comme il est d'usage à 60 mètres, du chil. shot Newc., n° 3 (n° 4 de Paris), soit 160 grains pour 32 grammes, les nombres de plombs seront

Canon bon cylindrique	53	30	21	19
Canon choke moyen	69	42	19	16
Canon choke très fort	101	40	11	5

soit par décimètre carré

	grains	grains	grains	grains
Canon bon cylindrique	0,44	0,25	0,17	0,16
Canon choke moyen	0,58	0,35	0,16	0,13
Canon choke très fort	0,84	0,33	0,09	0,04

La première colonne se rapporte à un très bon tireur, centrant la pièce dans le cercle de $0^m,381$ à $36^m,56$ ou de $0^m,62$ à 60^m : il a avantage à choisir un canon choke très fort pour tirer à 60 mètres ; la seconde colonne se rapporte à un bon tireur, centrant la pièce dans un cercle de $0^m,539$ à $36^m,56$ ou de $0^m,89$ à 60^m ; il a avantage à choisir un canon choke moyen ; la 3me et la 4me colonne se rapportent à un tireur moyen ou peu adroit : ceux-ci peuvent choisir à peu près indistinctement un canon cylindrique ou un canon choke moyen. Ces résultats ont été retrouvés par des voies différentes de celle que nous avons suivie.

La visée à 60 m. étant en général proportionnellement plus précise qu'à 36 m., le tireur moyen (1 coup sur 2 ou 2 coups sur 3 accusés, en moyenne, à 36 m.), devra donner la préférence au canon choke moyen pour le tir à 60 m. et avoir son canon droit cylindrique, son canon gauche choke moyen ; nous rangerons encore dans cette catégorie le tireur qui fait accuser 1 coup sur 3 à 36^m. Le canon gauche très fort devra être réservé aux grands tireurs.

Quel est au juste le choke moyen que nous avons défini ?

En reprenant les formules précédentes, on trouvera que ce choke moyen met 54 °/₀ de sa charge dans le cercle type de $0^m,762$ de diamètre placé à $36^m,56$. En effet, ici,

$$E_p = 0,468 \times 36^m,56 \times 0,00285 \times 36^m,56^2 = 20^{cm},78$$

$$R_{50} = 1,746 \times 20^{cm},78 = 36^{cm},27188, \quad \frac{0^m,3627}{0^m,381} = 1,05$$

chiffre auquel correspond 54 °/₀, soit une moyenne de 50 °/₀ à 60 °/₀ en 10 coups *normaux*.

Supposons que l'on tire un perdreau, un lapin en queue (2^{dcmq}), un faisan, un canard sauvage, un lapin

de travers, un lièvre en queue (8^{dcmq}), un lièvre en travers (12^{dcmq}) à 60 mètres. Les nombres moyens de plombs atteignant la pièce seront :

	Cercle de 0m62 de rayon (excell. tireur)	Couronne 0m62-0m89 (tr. b. tireur)	Couronne 0m89-1m08 (bon tireur)	Couronne 1m08-1m28 (tir. médioc.)
Perdreau, lapin en queue, à 60 m., plomb n° 3 Newc. (n° 4 Paris)				
Canon bon cylindrique	0,88 grains	0,50 grains	0,34 grains	0,32 grains
Canon choke moyen	1,16	0,70	0,32	0,26
Canon choke très fort	1,68	0,66	0,18	0,08

Soit :

Canon bon cylindrique	0,1,2 plombs	0,1 plombs	0,0,1 plombs	0,0,1 plombs
Canon choke moyen	0,1,2,3	0,1,2	0,0,1	0,0,0,1
Canon choke très fort	1,2,3,4	0,1,2	0,0,0,0,1	1/10
Lapin de travers, faisan, canard, lièvre en queue, 60 m., plomb n° 3, Newc.				
Canon bon cylindrique	1 à 6 plombs	1 à 4 plombs	0,1,2,3 pl.	0,1,2,3 pl.
Canon choke moyen	2 à 8	1 à 5	0,1,2,3	0,1,2
Canon choke très fort	3 à 10	1 à 5	0,1,2	0,0,1
Lièvre de travers, 60 m., plomb n° 3, Newc.				
Canon bon cylindrique	2 à 8 plombs	2 à 6 plombs	1 à 4 pl.	1 à 4 pl.
Canon choke moyen	3 à 10	2 à 7	1 à 4	0,1,2,3
Canon choke très fort	4 à 12	2 à 7	0,1,2,3	0,1,2

En admettant que 2 plombs soient toujours accusés dans le premier groupe, que 3 plombs le soient toujours dans le second groupe, que 4 plombs le soient toujours dans le troisième groupe : un excellent tireur dépassera 3 sur 4, avec un choke très fort, un très bon tireur, avec un choke moyen, arrivera à 1 sur 3 pour le premier groupe, 3 sur 5 pour le second groupe, 4 sur 7 pour le troisième groupe; un bon tireur ne fera pas grand mal au perdreau, au lapin vu de dos, mais atteindra 2 sur 4 pour le second groupe et 1 sur 4 pour le lièvre en travers ; quant au tireur médiocre, qui n'accuse qu'un coup sur 4 à 36 mètres, il jettera sa

poudre au vent. En résumé, les chances pour le perdreau passent de

4/5 à 3/4 2/3 à 4/7 1/4 à néant,

selon l'adresse du tireur, quand la distance passe de 36^{m} à 60^{m}. La proportion est à peu près la même pour les autres gibiers.

Nous retiendrons de cette brève étude qu'un perfectionnement, probablement réalisable, des canons de fusils ou des cartouches éliminerait les coups anormaux, lesquels faussent les conditions du tir au pigeon et abaissent les pourcentages à la chasse ; ces coups anormaux empêchent aussi, à la chasse, l'emploi de fortes charges, malgré que l'utilité de celles-ci en arrière-saison soit incontestable.

De plus, on pourra se rendre compte à la lecture de ces lignes de ce que peut et doit rendre un bon fusil, tel qu'on le fabrique aujourd'hui, et éviter de le charger avec des « pieds de marmite », selon la pittoresque expression de Metz-Noblat, comme le font de trop nombreux chasseurs. La question de la quantité de plomb étant élucidée, je rappellerai simplement que la douille doit être de bonne qualité, l'amorce pour les poudres pyroxylées très forte, la bourre aussi épaisse que possible, d'une seule pièce, très fortement graissée, comprise entre deux rondelles de carton très mince et très dur. Sur le plomb, placer un carton très mince et très dur ; le sertissage doit être soigné et moyennement serré. Il est dangereux de comprimer la poudre.

Vte DE MONTESSUS DE BALLORE.

VARIÉTÉS

LES PRÉCURSEURS PARISIENS DE GALILÉE

—

M. Pierre Duhem, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, poursuit avec une activité prodigieuse ses magistrales études sur l'histoire de la science dans l'antiquité et au moyen âge. La troisième série de ses *Études sur Léonard de Vinci* venait à peine de paraître (1), qu'il commence la publication de l'*Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* (2).

On trouvera, dans la bibliographie de cette livraison, un compte rendu de ce dernier ouvrage ; c'est du premier seul qu'il sera question ici. Il porte comme sous-titre : *Les précurseurs parisiens de Galilée.*

Œuvre d'un esprit éminent, apte à tout saisir et à tout interpréter avec une originalité profonde et toujours intéressante, ce travail, fondé sur des recherches très étendues, conduites avec autant de sagacité que de méthode, est vraiment révélateur. Il projette sur les prétendues ténèbres du moyen âge une lumière inattendue, qui nous fait voir, dans ce qu'on s'était habitué à considérer comme divagations pitoyables et discussions oiseuses, une direction intellectuelle dont on ne soupçonnait ni l'étendue, ni la portée.

La moisson de documents et de résultats recueillie par

(1) *Études sur Léonard de Vinci*, par Pierre Duhem, Correspondant de l'Institut de France, Professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux. Troisième série. *Les Précurseurs Parisiens de Galilée.* Un vol. gr. in-8° de 605 pages. Paris, Hermann, 1913.

(2) *Le Système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic.* Tome premier. Un vol. gr. in-8° de 512 pp. Paris, Hermann, 1913.

M. Duhem dans ce champ de recherches à peine abordé jusqu'ici, est si abondante et si variée qu'on ne peut songer à en dresser ici l'inventaire. Heureusement, le savant auteur a lui-même groupé quelques-unes des conclusions principales de son travail dans une intéressante préface que nos lecteurs nous sauront gré de reproduire.

« A la troisième série de nos *Études sur Léonard de Vinci*, nous donnons un sous-titre : *Les précurseurs parisiens de Galilée*. Ce sous-titre annonce l'idée dont nos précédentes études avaient déjà découvert quelques aspects et que nos recherches nouvelles mettent en pleine lumière. La Science mécanique inaugurée par Galilée, par ses émules, par ses disciples, les Baliani, les Torricelli, les Descartes, les Beeckman, les Gassendi, n'est pas une création ; l'intelligence moderne ne l'a pas produite de prime saut et de toutes pièces dès que la lecture d'Archimède lui eut révélé l'art d'appliquer la Géométrie aux effets naturels. L'habileté mathématique acquise dans le commerce des géomètres de l'Antiquité, Galilée et ses contemporains en ont usé pour préciser et développer une Science mécanique dont le Moyen-Age chrétien avait posé les principes et formulé les propositions les plus essentielles. Cette Mécanique, les physiciens qui enseignaient, au XIVe siècle, à l'Université de Paris l'avaient conçue en prenant l'observation pour guide ; ils l'avaient substituée à la Dynamique d'Aristote, convaincue d'impuissance à « sauver les phénomènes ». Au temps de la Renaissance, l'archaïsme superstitieux, où se complaisaient également le bel esprit des Humanistes et la routine averroïste d'une Scolastique rétrograde, repoussa cette doctrine des « Modernes ». La réaction fut puissante, particulièrement en Italie, contre la Dynamique des « Parisiens », en faveur de l'inadmissible Dynamique du Stagirite. Mais, en dépit de cette résistance têtue, la tradition parisienne trouva, hors des écoles aussi bien que dans les Universités, des maîtres et des savants pour la maintenir et la développer. C'est de cette tradition parisienne que Galilée et ses émules furent les héritiers. Lorsque nous voyons la science d'un Galilée triompher du Péripatétisme buté d'un Cremonini, nous croyons, mal informés de l'histoire de la pensée humaine, que nous assistons à la victoire de la jeune Science moderne sur la Philosophie médiévale, obstinée dans son psittacisme ; en vérité, nous contemplons le triomphe, longuement préparé, de la science qui est née à Paris au XIVe siècle sur les doctrines d'Aris-

tote et d'Averroès, remises en honneur par la Renaissance italienne.

» Nul mouvement ne peut durer s'il n'est entretenu par l'action continuelle d'une puissance motrice, directement et immédiatement appliquée au mobile. Tel est l'axiome sur lequel repose toute la Dynamique d'Aristote.

» Conformément à ce principe, le Stagirite veut, à la flèche qui continue de voler après avoir quitté l'arc, appliquer une puissance motrice qui la transporte ; cette puissance, il la croit trouver en l'air ébranlé ; c'est l'air, frappé par la main ou par la machine balistique, qui soutient et entraîne le projectile.

» Cette hypothèse, qui nous semble pousser l'invraisemblance jusqu'au ridicule, paraît avoir été admise presque à l'unanimité par les physiciens de l'Antiquité ; un seul d'entre eux s'est clairement prononcé contre elle, et celui-là, que le temps place aux dernières années de la Philosophie grecque, se trouve, par sa foi chrétienne, presque séparé de cette Philosophie ; nous avons nommé Jean d'Alexandrie, surnommé Philopon. Après avoir montré ce qu'a d'inadmissible la théorie péripatéticienne du mouvement des projectiles, Jean Philopon déclare que la flèche continue de se mouvoir sans qu'aucun moteur lui soit appliqué, parce que la corde de l'arc y a engendré une *énergie* qui joue le rôle de vertu motrice.

» Les derniers penseurs de la Grèce, les philosophes arabes n'ont même pas accordé une mention à la doctrine de ce Jean le Chrétien pour qui un Simplicius ou un Averroès n'ont eu que des sarcasmes. Le Moyen-Age chrétien, pris par l'admiration naïve que lui inspira la Science péripatéticienne lorsqu'elle lui fut révélée, partagea d'abord, à l'égard de l'hypothèse de Philopon, le dédain des commentateurs grecs et arabes ; saint Thomas d'Aquin ne la mentionne que pour mettre en garde contre elle ceux qu'elle pourrait séduire.

» Mais à la suite des condamnations portées, en 1277, par l'évêque de Paris, Étienne Tempier, contre une foule de thèses que soutenaient « Aristote et ceux de sa suite », voici qu'un grand mouvement se dessine, qui va libérer la pensée chrétienne du joug du Péripatétisme et du Néoplatonisme, et produire ce que l'archaïsme de la Renaissance appellera la Science des « Modernes ».

» Guillaume d'Ockam attaque, avec sa vivacité coutumière, la théorie du mouvement des projectiles proposée par Aristote ; il se contente, d'ailleurs, de détruire sans rien édifier ; mais ses

critiques remettent en honneur, auprès de certains disciples de Duns Scot, la doctrine de Jean Philopon ; l'*énergie*, la vertu motrice dont celui-ci avait parlé, reparaît sous le nom d'*impetus*. Cette hypothèse de l'*impetus*, imprimé dans le projectile par la main ou par la machine qui l'a lancé, un maître séculier de la Faculté des Arts de Paris, un physicien de génie, s'en empare ; Jean Buridan la prend, vers le milieu du XIVe siècle, pour fondement d'une Dynamique avec laquelle « s'accordent tous les phénomènes ».

» Le rôle que l'*impetus* joue, en cette Dynamique de Buridan, c'est très exactement celui que Galilée attribuera à l'*impeto* ou *momento*, Descartes à la *quantité de mouvement*, Leibniz enfin à la *force vive* ; si exacte est cette correspondance que pour exposer, en ses *Leçons Académiques*, la Dynamique de Galilée, Torricelli reprendra souvent les raisonnements et presque les paroles de Buridan.

» Cet *impetus*, qui demeurerait sans changement, au sein du projectile, s'il n'était incessamment détruit par la résistance du milieu et par l'action de la pesanteur, contraire au mouvement, cet *impetus*, disons-nous, Buridan le prend, à vitesse égale, comme proportionnel à la *quantité de matière première* que le corps renferme ; cette quantité, il la conçoit et la décrit en des termes presque identiques à ceux dont usera Newton pour définir la masse. A masse égale, l'*impetus* est d'autant plus grand que la vitesse est plus grande ; prudemment, Buridan s'abstient de préciser davantage la relation qui existe entre la grandeur de l'*impetus* et celle de la vitesse ; plus osés, Galilée et Descartes admettront que cette relation se réduit à la proportionnalité ; ils obtiendront ainsi de l'*impeto*, de la *quantité de mouvement*, une évaluation erronée que Leibniz devra rectifier.

» Comme la résistance du milieu, la gravité atténue sans cesse et finit par anéantir l'*impetus* d'un mobile que l'on a lancé vers le haut, parce qu'un tel mouvement est contraire à la tendance naturelle de cette gravité ; mais dans un mobile qui tombe, le mouvement est conforme à la tendance de la gravité ; aussi l'*impetus* doit-il aller sans cesse en augmentant et la vitesse, au cours du mouvement, doit croître constamment. Telle est, au gré de Buridan, l'explication de l'accélération que l'on observe en la chute d'un grave, accélération que la science d'Aristote connaissait déjà, mais dont les commentateurs hellènes, arabes ou chrétiens du Stagirite avaient donné d'inacceptables raisons.

» Cette Dynamique exposée par Jean Buridan présente d'une

manière purement qualitative, mais toujours exacte, les vérités que les notions de force vive et de travail nous permettent de formuler en langage quantitatif.

» Le philosophe de Béthune n'est pas seul à professer cette Dynamique ; ses disciples les plus brillants, les Albert de Saxe, et les Nicole Oresme, l'adoptent et l'enseignent ; les écrits français d'Oresme la font connaître même à ceux qui ne sont pas clercs.

» Lorsque aucun milieu résistant, lorsque aucune tendance naturelle analogue à la gravité ne s'oppose au mouvement, l'*impetus* garde une intensité invariable ; le mobile auquel on a communiqué un mouvement de translation ou de rotation continue indéfiniment à se mouvoir avec une vitesse invariable. C'est sous cette forme que la loi d'inertie se présente à l'esprit de Buridan ; c'est sous cette même forme qu'elle sera encore reçue de Galilée.

» De cette loi d'inertie, Buridan tire un corollaire dont il nous faut maintenant admirer la nouveauté.

» Si les orbes célestes se meuvent éternellement avec une vitesse constante, c'est, selon l'axiome de la Dynamique d'Aristote, que chacun d'eux est soumis à un moteur éternel et de puissance immuable ; la philosophie du Stagirite requiert qu'un tel moteur soit une intelligence séparée de la matière. L'étude des intelligences motrices des orbes célestes n'est pas seulement le couronnement de la Métaphysique péripatéticienne ; elle est la doctrine centrale autour de laquelle tournent toutes les Métaphysiques néoplatoniciennes des Hellènes et des Arabes, et les Scolastiques du XIIIe siècle n'hésitent pas à recevoir, en leurs systèmes chrétiens, cet héritage des théologies païennes.

» Or, voici que Buridan a l'audace d'écrire ces lignes :

» Dès la création du monde, Dieu a mû les cieux de mouve-
» ments identiques à ceux dont ils se meuvent actuellement ;
» il leur a imprimé alors des *impetus* par lesquels ils continuent
» à être mus uniformément ; ces *impetus*, en effet, ne rencon-
» trant aucune résistance qui leur soit contraire, ne sont jamais
» ni détruits ni affaiblis... Selon cette imagination, il n'est pas
» nécessaire de poser l'existence d'intelligences qui meuvent les
» corps célestes d'une manière appropriée ».

» Cette pensée, Buridan l'énonce en diverses circonstances ; Albert de Saxe l'expose à son tour ; et Nicole Oresme, pour la formuler, trouve cette comparaison : « Excepté la violence,

» c'est aucunement semblable quand un homme a fait une hor-
» loge, et le lesse aller et estre meu par soy. »

» Si l'on voulait, par une ligne précise, séparer le règne de la Science antique du règne de la Science moderne, il la faudrait tracer, croyons-nous, à l'instant où Jean Buridan a conçu cette théorie, à l'instant où l'on a cessé de regarder les astres comme mus par des êtres divins, où l'on a admis que les mouvements célestes et les mouvements sublunaires dépendaient d'une même Mécanique.

» Cette Mécanique, à la fois céleste et terrestre, à laquelle Newton devait donner la forme que nous admirons aujourd'hui, la voici, d'ailleurs, qui, dès le XIVe siècle, tente de se constituer. Durant tout ce siècle, les témoignages de François de Meyronnes et d'Albert de Saxe nous l'apprennent, il se trouva des physiciens pour soutenir qu'en supposant la terre mobile et le ciel des étoiles fixes immobile, on construisait un système astronomique plus satisfaisant que celui où la terre est privée de mouvement. De ces physiciens, Nicole Oresme développe les raisons avec une plénitude, une clarté, une précision que Copernic sera loin d'atteindre ; à la terre, il attribue un *impetus* naturel semblable à celui que Buridan attribue aux orbes célestes ; pour rendre compte de la chute verticale des graves, il admet que l'on doit composer cet *impetus* par lequel le mobile tourne autour de la terre avec l'*impetus* engendré par la pesanteur. Le principe qu'il formule nettement, Copernic se bornera à l'indiquer d'une manière obscure et Giordano Bruno à le répéter ; Galilée usera de la Géométrie pour en tirer les conséquences, mais sans corriger la forme erronée de la loi d'inertie qui s'y trouve impliquée.

» Pendant que l'on fonde la Dynamique, on découvre peu à peu les lois qui régissent la chute des poids.

» En 1368, Albert de Saxe propose ces deux hypothèses : La vitesse de la chute est proportionnelle au temps écoulé depuis le départ ; — la vitesse de la chute est proportionnelle au chemin parcouru. Entre ces deux lois, il ne fait pas le choix. Le théologien Pierre Tataret, qui enseigne à Paris vers la fin du XVe siècle, reproduit textuellement ce qu'avait dit Albert de Saxe. Grand lecteur d'Albert de Saxe, Léonard de Vinci, après avoir admis la seconde de ces deux hypothèses, se rallie à la première ; mais il ne parvient pas à découvrir la loi des espaces parcourus par un grave qui tombe ; d'un raisonnement que Baliani reprendra, il conclut que les espaces parcourus en des laps de

temps égaux et successifs sont comme la série des nombres entiers, tandis qu'ils sont, en vérité, comme la série des nombres impairs.

» On connaissait depuis longtemps, cependant, la règle qui permet d'évaluer l'espace parcouru, en un certain temps, par un mobile mû d'un mouvement uniformément varié ; que cette règle ait été découverte à Paris, au temps de Jean Buridan, ou à Oxford, au temps de Swineshead, elle se trouve clairement formulée dans l'ouvrage où Nicole Oresme pose les principes essentiels de la Géométrie analytique ; de plus, la démonstration qui sert à l'y justifier est identique à celle que donnera Galilée.

» Du temps de Nicole Oresme à celui de Léonard de Vinci, cette règle ne fut nullement oubliée ; formulée dans la plupart des traités produits par la Dialectique épineuse d'Oxford, elle se trouve discutée dans les nombreux commentaires dont ces traités ont été l'objet, au cours du XVe siècle, en Italie, puis dans les divers ouvrages de Physique composés, au début du XVIe siècle, par la Scolastique parisienne.

» Aucun des traités dont nous venons de parler n'a, cependant, l'idée d'appliquer cette règle à la chute des corps. Cette idée, nous la rencontrons pour la première fois dans les *Questions sur la Physique d'Aristote*, publiées en 1545 par Dominique Soto. Élève des Scolastiques parisiens, dont il a été l'hôte et dont il adopte la plupart des théories physiques, le dominicain espagnol Soto admet que la chute d'un grave est uniformément accélérée, que l'ascension verticale d'un projectile est uniformément retardée, et pour calculer le chemin parcouru en chacun de ces deux mouvements, il use correctement de la règle formulée par Oresme. C'est dire qu'il connaît les lois de la chute des corps dont on attribue la découverte à Galilée. Ces lois, d'ailleurs, il n'en revendique pas l'invention ; bien plutôt, il semble les donner comme vérités communément reçues ; sans doute, elles étaient couramment admises par les maîtres dont, à Paris, Soto a suivi les leçons. Ainsi, de Guillaume d'Ockam à Dominique Soto, voyons-nous les physiciens de l'École parisienne poser tous les fondements de la Mécanique que développeront Galilée, ses contemporains et ses disciples.

» Parmi ceux qui, avant Galilée, ont reçu la tradition de la Scolastique parisienne, il n'en est aucun qui mérite plus d'attention que Léonard de Vinci. Au temps où il vécut, l'Italie opposait une ferme résistance à la pénétration de la Mécanique des « *Moderni* », des « *Juniores* » ; là, parmi les maîtres des Uni-

versités, ceux-là mêmes qui penchaient vers les doctrines terminalistes de Paris se bornaient à reproduire, sous une forme abrégée et parfois hésitante, les affirmations essentielles de cette Mécanique ; ils étaient bien éloignés de lui faire produire aucun des fruits dont elle était la fleur.

» Léonard de Vinci, au contraire, ne s'est pas contenté d'admettre les principes généraux de la Dynamique de l'*impetus* ; ces principes, il les a médités sans cesse et retournés en tout sens, les pressant, en quelque sorte, de donner les conséquences qu'ils renfermaient. L'hypothèse essentielle de cette Dynamique était comme une première forme de la loi de la force vive ; Léonard y aperçoit l'idée de la conservation de l'énergie, et cette idée, il trouve, pour l'exprimer, des termes d'une prophétique clarté. Entre deux lois de la chute des corps, l'une exacte et l'autre inadmissible, Albert de Saxe avait laissé son lecteur en suspens ; après quelques tâtonnements que Galilée connaîtra, lui aussi, Léonard sait fixer son choix sur la loi exacte ; il l'étend avec bonheur à la chute d'un poids le long d'un plan incliné. Par l'étude de l'*impeto* composé, il tente, le premier, l'explication de la trajectoire curviligne des projectiles, explication qui recevra son achèvement de Galilée et de Torricelli. Il entrevoit la correction qu'il conviendrait d'apporter à la loi d'inertie énoncée par Buridan et prépare l'œuvre qu'accompliront Benedetti et Descartes.

» Sans doute, Léonard ne reconnaît pas toujours toutes les richesses du trésor accumulé par la Scolastique parisienne ; il en délaisse quelques-unes dont l'emprunt eût donné à sa doctrine mécanique le plus heureux complément ; il méconnaît le rôle que l'*impetus* doit jouer dans l'explication de la chute accélérée des graves ; il ignore la règle qui permet de calculer le chemin parcouru par un corps mû de mouvement uniformément accéléré. Il n'en est pas moins vrai que tout l'ensemble de sa Physique le met au nombre de ceux que les Italiens de son temps appelaient Parisiens.

» Ce titre, d'ailleurs, lui serait justement donné ; les principes de sa Physique, en effet, il les tire de la lecture assidue d'Albert de Saxe, probablement aussi de la méditation des écrits de Nicolas de Cues ; or, Nicolas de Cues fut, lui aussi, un adepte de la Mécanique de Paris. Léonard est donc à sa place parmi les précurseurs parisiens de Galilée.

» Jusqu'à ces dernières années, la Science du Moyen-Age était tenue pour inexistante. Un philosophe, qui connaît admira-

blement l'histoire de la Science dans l'Antiquité et durant les temps modernes, écrivait naguère (1) :

« Supposez que l'imprimerie eût été trouvée deux siècles plus » tôt ; elle eût aidé à renforcer l'orthodoxie, et eût servi surtout » à propager, en dehors de la *Somme* de saint Thomas et de » quelques ouvrages de ce genre, les bulles d'excommunication » et les décrets du Saint-Office. »

» Aujourd'hui, croyons-nous, il nous est permis de dire :

« Si l'imprimerie avait été trouvée deux siècles plus tôt, elle » eût publié, au fur et à mesure qu'elles étaient composées, les » œuvres qui, sur les ruines de la Physique d'Aristote, ont posé » les fondements d'une Mécanique dont les temps modernes sont » justement fiers. »

» Cette substitution de la Physique moderne à la Physique d'Aristote a résulté d'un effort de longue durée et d'extraordinaire puissance.

» Cet effort, il a pris appui sur la plus ancienne et la plus resplendissante des Universités médiévales, sur l'Université de Paris. Comment un parisien n'en serait-il pas fier ?

» Ses promoteurs les plus éminents ont été le picard Jean Buridan et le normand Nicole Oresme. Comment un français n'en éprouverait-il pas un légitime orgueil ?

» Il a résulté de la lutte opiniâtre que l'Université de Paris, véritable gardienne, en ce temps-là, de l'orthodoxie catholique, mena contre le paganisme péripatéticien et néoplatonicien. Comment un chrétien n'en rendrait-il pas grâce à Dieu ? »

PIERRE DUHEM.

(1) G. Milhaud, *Science grecque et Science moderne* (COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES, 1904). — G. Milhaud, *Études sur la pensée scientifique chez les Grecs et les Modernes*, Paris, 1906, pp. 268-269.

BIBLIOGRAPHIE

I

Leçons de mathématiques générales, par L. Zoretti, Professeur à la Faculté des sciences de Caen (avec une préface de P. Appell). Un vol. in-8° de 753 pages, cartonné. — Paris, Gauthier-Villars, 1914.

Tel est, de nos jours, le développement que prennent les mathématiques, cultivées — et fort heureusement — pour elles-mêmes, que le besoin se fait sentir d'instituer un enseignement spécial des parties de ces sciences qui, vu l'état présent des théories mécaniques ou physiques, peuvent être regardées comme d'une application courante. De là, dans les Universités françaises, ce qu'on est maintenant convenu d'appeler les cours de *Mathématiques générales*. De tels cours ont pour objet de mettre, le plus rapidement possible, les étudiants à qui ils s'adressent, en mesure de se servir congrûment des outils que l'analyse et la géométrie tiennent à leur disposition. Ayant été chargé d'un tel enseignement à l'Université de Grenoble, avant d'être appelé à occuper la chaire de mécanique de l'Université de Caen, M. Zoretti a réuni en volume les leçons qu'il a été ainsi amené à rédiger. Mais, dans sa pensée, ce volume s'adresse « à un public beaucoup plus large ; il s'adresse à tous ceux qui, au cours de leur carrière, se sont trouvés en présence de quelque difficulté d'ordre mathématique et qui n'ont pu la résoudre, soit parce qu'ils avaient oublié l'enseignement de leur jeunesse, soit parce que l'orientation de leur vie ne leur avait permis de recevoir une instruction mathématique suffisante ».

En ce qui concerne les bornes que l'auteur s'est fixées dans l'exposé de son sujet, le mieux, pour le faire exactement connaître, est de lui laisser la parole. Voici donc ce qu'il dit dans

son *Avertissement* : « Quant au choix des matières, je l'ai arrêté d'après le double principe suivant : accepter tout ce qui est utilisable, ne serait-ce qu'une fois; y ajouter tout ce qui est soit nécessaire, soit simplement commode pour l'exposé des théories reconnues indispensables; rejeter systématiquement tout le reste. C'est qu'en effet, si j'ai conservé à l'ouvrage le nom, devenu familier, de *Mathématiques générales*, celui de *Mathématiques auxiliaires* me paraît plus conforme au but poursuivi : le souci des applications doit seul nous guider. Si intéressante soit-elle, une théorie sans application n'a pas sa place ici. J'ai regretté de ne pouvoir faire place à certaines questions qui, sans être indispensables, sont bonnes à connaître, comme le calcul des variations ou le calcul des résidus. Mais l'ouvrage est déjà bien gros, et j'aurais eu peur, en l'allongeant encore, de manquer le but ».

Réflexions fort sages qui justifient amplement la composition du volume pris dans son ensemble.

Nous donnerons maintenant une idée du contenu de l'ouvrage en faisant connaître le sommaire de chacune de ses trois parties.

La première partie consacrée à la *géométrie* et à la *géométrie analytique* comprend les sujets suivants : les grandeurs dirigées ; les coordonnées ; étude de la droite et du plan ; la théorie des vecteurs; le cercle et la sphère; les coniques; les quadriques ; courbes et surfaces usuelles.

Dans la deuxième partie relative à l'*algèbre*, à la *théorie des fonctions* et au *calcul des dérivées*, on trouve : des compléments de calcul algébrique, les nombres complexes, le binome, les déterminants ; les infiniment petits et les infiniment grands ; les séries ; la notion de fonction, les fonctions usuelles ; le calcul des dérivées ; la variation des fonctions, la construction des courbes ; les développements en série ; les applications des dérivées à l'étude des courbes; applications des dérivées à l'étude des surfaces ; étude géométrique et analytique du mouvement (cinématique) ; résolution des équations ; les calculs numériques et les graphiques.

Enfin la troisième partie, qui traite du *calcul intégral*, contient : la notion d'intégrale ; les méthodes générales d'intégration ; les généralisations de la notion d'intégrale ; les fonctions elliptiques ; les séries de Fourier ; applications géométriques ; applications mécaniques ; calcul pratique des intégrales ; les équations différentielles; les applications des équations différentielles ; les équations aux dérivées partielles.

Ajoutons que l'exposé des théories est complété par de nombreux exercices ayant, pour la plupart, un caractère nettement pratique et qui sont de nature, en provoquant chez les élèves un vif intérêt, à parfaire leur initiation aux méthodes courantes des mathématiques appliquées.

Quant aux principales particularités que l'on peut relever dans le mode d'exposition de l'auteur, nous pensons ne pouvoir mieux faire, pour en donner une idée, que d'emprunter à la Préface de M. Appell le passage que voici :

« Je signalerai, d'abord à propos des coordonnées, les divers procédés pour représenter un point, une droite, une direction, une ligne, etc.; à propos des coniques, les diverses représentations et les tracés graphiques; à propos des infiniment petits, la relation entre l'infiniment petit mathématique et la quantité très petite du physicien; à propos des séries, le calcul des sommes et l'étude de la rapidité de la convergence.

» J'insisterai ensuite sur l'importance donnée au calcul numérique et aux méthodes graphiques, et notamment sur les parties suivantes :

» *Notion de fonction :* graphiques, importance du choix des échelles ; différence avec le point de vue de la géométrie analytique (p. 50, 252). *Calculs numériques et graphiques :* un long chapitre spécial est consacré aux calculs approchés, aux machines à calculer, aux méthodes graphiques (p. 460 et 3e partie, chap. VIII).

» Signalons encore le calcul pratique d'une intégrale double en partant de la formule de Green ; les applications de l'intégration aux moments d'inertie, avec une étude détaillée du cas d'une figure plane (important en mécanique appliquée); l'emploi du planimètre et du procédé graphique ; le calcul d'une force vive et d'une quantité de mouvement ; l'étude des champs de vecteurs accompagnée des notions de tourbillon et de divergence.

» Enfin, l'auteur a même fait une étude élémentaire des fonctions elliptiques *sn, cn, dn,* en partant de l'intégrale définie.

» En résumé, l'ouvrage de M. Zoretti constitue une conception élevée et nouvelle de l'enseignement des mathématiques générales. Tout en conservant une entière rigueur, sans laquelle aucune éducation mathématique n'existe, l'auteur a su répondre à tous les besoins essentiels des sciences expérimentales ; par le choix des applications et des exercices numériques, il fait comprendre les théories générales, il développe l'esprit de

curiosité, le goût du travail et de la lecture personnels ; il tend, en un mot, à former des hommes de réflexion et d'action, capables de servir utilement la France dans la science et dans l'industrie. »

Il n'y a évidemment rien à ajouter à un jugement si flatteur émanant d'une telle autorité. Mais il peut être permis, tout en y souscrivant, de formuler quelques réserves de détail qui ne sont pas de nature à porter atteinte à ce jugement pris dans son ensemble mais d'où peuvent naître quelques *desiderata* en vue d'une future édition à laquelle il n'est pas douteux que l'ouvrage ne parvienne avant qu'il soit longtemps.

Au reste, l'auteur provoque lui-même ce genre d'observations dans les lignes suivantes de son *Avertissement* : « .... Ce livre ne peut et ne veut être qu'un essai. Je le soumets à mes collègues, dont je connais l'effort quotidien pour l'amélioration de cet enseignement si difficile, et je sollicite comme une faveur particulière leurs franches observations ».

Cet appel de l'auteur à ses collègues des Universités françaises n'est évidemment pas exclusif des critiques émanant d'autres sources. Nous nous permettrons donc, pour notre part, de présenter les quelques observations que voici :

1° L'auteur se borne, en fait de coordonnées, à faire connaître des systèmes de coordonnées ponctuelles ; on sait pourtant qu'aujourd'hui, particulièrement sous la forme des coordonnées parallèles, les coordonnées tangentielles interviennent utilement dans certaines applications pratiques.

2° Les tracés des coniques indiqués comme pratiques (p. 125 à 126) pourraient être avantageusement modifiés et complétés sur plusieurs points. Par exemple, le tracé de l'ellipse par le cercle homographique décrit sur le grand axe comme diamètre est pratiquement assez peu satisfaisant, car, pour une portion étendue de l'ellipse aux abords des sommets du petit axe, il comporte l'emploi de droites se coupant sous un angle très faible et en dehors des limites de l'épure. L'emploi simultané des deux cercles homographiques, décrits l'un sur le grand et l'autre sur le petit axe, est infiniment préférable ; la construction, fondée sur le même théorème que la précédente, prend alors la forme que voici : si un rayon issu du centre O de l'ellipse coupe le grand cercle homographique en M' et le petit en M'', on a un point M de l'ellipse par la rencontre des perpendiculaires abaissées respectivement de M' et de M'' sur le grand et sur le petit axe. Cette construction, qui tient tout entière *à*

l'intérieur du grand cercle homographique, a encore l'intérêt de permettre d'obtenir aussi aisément les points de l'ellipse situés sur une parallèle que sur une perpendiculaire donnée au grand axe (par exemple, pour la détermination du joint de rupture dans une voûte elliptique).

Ce qui est dit du tracé pratique des paraboles (p. 126) semble également insuffisant ; aucune indication n'est donnée là sur les constructions employées en pratique pour le tracé des paraboles des moments fléchissants dans le cas des poutres soumises à des charges variant linéairement.

La détermination des normales et des rayons de courbure aux coniques, traitée seulement dans la deuxième partie (pp. 343 et 361), est trop exclusivement analytique ; là aussi, il y aurait lieu d'indiquer quelques constructions pratiques. S'il s'agit, par exemple, de tracer les joints d'une voûte elliptique, la construction classique des normales comme bissectrices des angles formés par les rayons vecteurs (que, d'ailleurs, l'auteur passe sous silence comme déjà enseignée par les éléments) est sans valeur pratique ; on lui substitue très avantageusement une construction n'exigeant que le seul emploi de la règle et de l'équerre, telle que la suivante : si OA et OB sont les demi-axes de l'ellipse et si les tangentes aux sommets A et B se coupent en C, on tire les diagonales OC et AB du rectangle OACB. Cela fait, pour avoir la normale en un point M de l'ellipse, on mène par M à OA une perpendiculaire qui coupe OC en P, et par P à AB, une perpendiculaire qui coupe OA en N ; MN est la normale demandée. Dans le cas de la détermination des joints d'une voûte elliptique, toutes les droites MP d'une part, toutes les droites PN de l'autre, sont parallèles entre elles, ce qui fait que la construction est extrêmement rapide.

Sans doute trouvera-t-on que nous nous attachons ici à de bien minces détails ; nous ne faisons point difficulté de le reconnaître ; mais c'est que, précisément, tels points de détail, intrinsèquement de peu d'importance, cessent d'être négligeables lorsqu'on en vient à la véritable pratique.

3° De la vaste théorie qui a reçu le nom de nomographie, l'auteur n'a retenu que le seul principe des abaques à entrecroisement accompagné de quelques exemples d'application d'ailleurs bien choisis, et le savant auteur de la préface dit de lui à ce propos « qu'il se borne à montrer par de nombreux exemples le parti que l'élève pourra tirer des méthodes graphiques, sans qu'il soit nécessaire d'introduire toute la terminologie et

tous les procédés bien spéciaux de la nomographie, qui masquent, pour l'étudiant, la généralité de la méthode ». Une telle appréciation nous semble appeler quelques réserves. Il est bien clair que, dans un exposé condensé comme celui-ci, destiné dans la pensée de son auteur, il le dit expressément, à rester « pour l'étudiant un aide-mémoire commode », la terminologie particulière, dont l'emploi s'impose pour une étude d'ensemble de la nomographie peut, sans nul inconvénient, être laissée de côté et qu'il n'est pas non plus utile de passer en revue tous les procédés spéciaux qu'un exposé complet ne saurait négliger. Mais le fait de se cantonner sur le seul terrain de la représentation par entrecroisement n'est vraiment pas de nature à mieux dévoiler aux yeux de l'étudiant « la généralité de la méthode » alors qu'au contraire une telle limitation a pour effet de borner son horizon à un cercle assez étroit. Pour éclairer ce que nous avançons ici par l'exemple le plus simple, on sait que la représentation par entrecroisement ne peut s'appliquer à une équation entre quatre variables que si celle-ci est susceptible de revêtir la forme $f(z_1, z_2) = \varphi(z_3, z_4)$. Or, on rencontre, et très fréquemment, dans les applications des équations à quatre variables non réductibles à cette forme, susceptibles néanmoins d'être traduites nomographiquement grâce à la *méthode de l'alignement* ; et il faut avoir franchi au moins cet échelon de plus pour que s'accuse vraiment toute la portée de la doctrine nomographique. On sait, au reste, que l'exposé de cette méthode, pour les cas usuels, peut être donné sous une forme tout élémentaire. Il peut donc être permis de regretter que l'auteur se soit, sur ce point, trop brusquement arrêté en route.

4° C'est une observation de même ordre qui peut encore être présentée à l'occasion du calcul pratique des intégrales. L'auteur consacre une demi-page (p. 684) à l'emploi de la méthode graphique pour le calcul des intégrales ; mais, à vrai dire, en ces quelques lignes, il n'aborde même pas le sujet tel qu'il peut être aujourd'hui traité en vue d'applications pratiques qui se développent de jour en jour. Ce que requièrent avant tout ces applications pratiques, c'est la construction des *courbes intégrales* par les procédés très simples, très expéditifs, dont on dispose aujourd'hui, d'où dérivent les déterminations les plus commodes pour les aires, moments statiques, moments d'inertie, centres de gravité, lignes d'efforts tranchants et de moments

fléchissants (1). Il nous semble qu'il y a, sur ce point encore, une lacune à combler. Ce sont pourtant bien là, on ne saurait le nier, des « mathématiques auxiliaires » au premier chef.

Tenant à ne pas laisser le lecteur sous l'impression de ces légères critiques, nous répéterons que, considéré dans son ensemble, l'ouvrage de M. Zoretti est, ainsi qu'en a jugé M. Appell, déjà excellent. Nous avons voulu seulement montrer que, moyennant quelques retouches de détail et quelques additions, il pourra, dans une nouvelle édition, que nous voulons d'ailleurs croire prochaine, atteindre encore à une plus grande perfection.

M. O.

II

Leçons sur la théorie générale des surfaces, par G. Darboux, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. — 1re partie : *Généralités. Coordonnées curvilignes. Surfaces minima.* 2e édition, revue et augmentée. Un vol. gr. in-8° de 618 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1914.

Il est pour le moins superflu d'insister sur la place qu'occupe, dans la littérature mathématique contemporaine, le grand ouvrage de M. Darboux dont, dès aujourd'hui, il n'est pas aventuré de dire qu'il demeurera parmi les grands classiques de la science, de tous les temps. Depuis un peu plus d'un quart de siècle qu'il a commencé à voir le jour, tout ce qui, dans le domaine de la géométrie, a été produit, de quelque importance, s'y rattache plus ou moins directement et, le plus souvent même, y puise sa source. Sa lecture s'impose à quiconque a l'ambition de parvenir à une culture géométrique de quelque élévation, et nombre d'excellents traités, d'un caractère plus élémentaire, ont été écrits en vue de préparer cette lecture. Aussi l'apparition d'une nouvelle édition d'un tel ouvrage, assez profondément

(1) Ces procédés inaugurés, il y a une soixantaine d'années, par l'Ingénieur de la marine français Rossia (dont les travaux n'ont pris que la forme de feuilles autographiées pour l'École du Génie maritime) ont été retrouvés de façon indépendante et grandement développés par l'ingénieur des Ponts et Chaussées belge Massau. On en trouve un exposé très simplifié dans l'ouvrage de M. d'Ocagne : *Calcul graphique et Nomographie* (Chap. II).

remaniée sur bien des points et sensiblement augmentée, prend-elle les proportions d'un véritable évènement scientifique.

Nous avons déjà eu l'honneur, lors de la publication de la première édition, de donner, dans cette REVUE, une analyse de ce premier volume (1). Nous nous bornerons donc ici à signaler les principales modifications, apportées à la nouvelle édition.

Le livre I est consacré, rappelons le, aux applications géométriques de la théorie des mouvements relatifs. On sait, en effet, que M. Darboux fait systématiquement usage, dans ces leçons, d'un trièdre mobile auquel sont rapportés les éléments de la figure variables de position, et dont les déplacements sont eux-mêmes définis par rapport à un trièdre fixe.

Dès le chapitre I de ce premier livre, nous remarquons une nouveauté intéressante (pp. 4, 5, 7) : l'introduction des *paramètres quaternoniens* dont les travaux de M. Klein (publiés dans les tomes IX à XII des MATHEMATISCHE ANNALEN) ont mis en relief toute l'importance au point de vue de la représentation d'une rotation de grandeur finie. Un peu plus loin (p. 11, 12), un calcul très simple permet d'établir, pour le cas où le système mobile n'a pas de point fixe, les formules correspondant à la décomposition en deux rotations infiniment petites autour des axes conjugués.

Au même chapitre, la théorie des courbes gauches a reçu de nouveaux développements (§§ 6 à 12, pp. 15 à 26). On y remarque une curieuse expression du volume du tétraèdre ayant pour sommets quatre points infiniment voisins de la courbe, d'où se déduit, avec une grande simplicité, la formule d'Ossian Bonnet pour la plus courte distance de deux tangentes infiniment voisines, ainsi qu'une élégante solution du problème de Bertrand relatif aux courbes admettant les mêmes normales principales.

Au chapitre III a été introduite l'étude du roulement du cône isotrope sur lui-même par la méthode que M. Darboux a fait connaître en 1905 dans le BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Le chapitre V tout entier constitue une addition importante visant les déplacements à plusieurs paramètres. L'auteur, par une ingénieuse méthode de démonstration qui n'emprunte rien en dehors du trièdre mobile, établit les conditions d'intégrabilité auxquelles doivent satisfaire les rotations et les translations

(1) Livraison d'octobre 1887, p. 595.

partielles et montre que, si ces conditions sont vérifiées, il y a un déplacement correspondant et un seul.

A propos de l'intégration simultanée des systèmes linéaires rencontrés dans la théorie précédente, l'auteur donne, d'ailleurs, au chapitre VI, quelques développements supplémentaires.

Dans le chapitre VII, qui contient l'application de ces généralités aux déplacements à deux paramètres (dont le rôle est capital dans l'étude des surfaces et des congruences), l'auteur s'est étendu (p. 94 à 106) sur les propriétés du *cylindroïde* (ou *conoïde Plücker*), reproduisant notamment l'ingénieuse démonstration géométrique donnée par M. Bricard de la belle proposition de M. Appell qui dit que le cylindroïde est la seule surface *gauche* pour laquelle le lieu des projections d'un point quelconque de l'espace sur ses génératrices est une courbe plane.

A la fin du chapitre IX, on trouve une démonstration très simple de l'extension aux surfaces spirales, due à Maurice Lévy, du théorème de Bour relatif aux familles d'hélicoïdes applicables les uns sur les autres.

Le chapitre X est entièrement nouveau. Il est consacré aux surfaces qui, de plusieurs manières, peuvent être considérées comme des surfaces de translation, c'est-à-dire engendrées par translation d'une courbe de forme invariable. Cette question a fait l'objet, de la part de Sophus Lie et d'Henri Poincaré, d'importantes recherches fondées sur la théorie des fonctions abéliennes. M. Darboux en donne une solution nouvelle qui n'exige aucune connaissance de cette difficile théorie et qui est marquée au coin de la plus grande élégance géométrique.

Le livre II, où est développée la théorie générale des coordonnées curvilignes, n'a pas reçu moins d'additions que le précédent. Dès le chapitre I, à propos d'un cas particulier très intéressant de surfaces possédant un réseau conjugué uniquement composé de courbes planes, l'auteur emprunte au géomètre russe Peeterson (dont les belles recherches de géométrie infinitésimale sont restées trop longtemps ignorées en dehors du cercle des lecteurs capables de les lire dans leur langue originale) un exemple curieux de surfaces applicables sur les quadriques (p. 181 à 184).

A propos des surfaces à lignes de courbure planes dans les deux systèmes, M. Darboux substitue à la solution bien connue de J. A. Serret une autre solution d'essence plus purement géométrique (p. 188 à 192), d'une grande ingéniosité.

Sans nous arrêter à quelques points de détail complétés par

de nouvelles remarques aux chapitres II et III, nous arrivons au chapitre IV qui, dans son entier, constitue une innovation. L'ancien chapitre IV, consacré à la représentation conforme des aires planes et, plus particulièrement, aux importants travaux de M. Schwarz sur ce sujet, a été reporté au livre III, où il constitue maintenant le chapitre XI. Un tel rattachement est, au reste, parfaitement justifié par le fait de la curieuse corrélation qui s'établit entre la recherche de la surface minima limitée à une chaîne formée de segments rectilignes par où elle passe et de plans qu'elle coupe orthogonalement (cas particulier du problème de Plateau), et le problème qui consiste à réaliser la représentation conforme l'une sur l'autre de deux aires planes limitées l'une par des droites, l'autre par des arcs de cercle. Le nouveau chapitre IV traite, d'une manière plus générale, de la représentation conforme des surfaces les unes sur les autres par application des propriétés précédemment établies des systèmes orthogonaux et isothermes. Cette théorie est, d'ailleurs, spécialement poursuivie en vue de préparer l'étude, par laquelle elle se termine, de la représentation de l'ellipsoïde sur une sphère. L'auteur développe à cet égard la belle solution de Gauss avec laquelle le rapport de similitude reste le même en tous les points d'un parallèle, et il montre que, si l'on voulait appliquer cette méthode à un pays tel que la France, le rapport de similitude ne varierait pas, dans toute l'étendue de la carte, de $\frac{1}{400\,000}$ de sa valeur. L'auteur emploie encore les mêmes méthodes pour traiter le célèbre problème de Lagrange sur la recherche de tous les tracés géographiques applicables au sphéroïde terrestre dans lesquels les méridiens et les parallèles sont représentés par des arcs de cercle. Cela l'amène subsidiairement à résoudre cet autre problème, également envisagé par Lagrange, mais que celui-ci avait abandonné, faute d'en entrevoir une solution qui ne fût pas extrêmement compliquée, et dont l'objet est de réaliser une carte d'exposant donné sur laquelle trois points aient été arbitrairement choisis. La jolie solution, purement géométrique, qu'en donne M. Darboux, est vraiment faite pour enchanter les amateurs de cette science.

La suite du livre II, offre encore, sur des points de détail, quelques autres nouveautés parmi lesquelles nous nous bornerons à citer le calcul très élégant servant à établir un résultat dû à Cayley relativement aux lignes de courbure de la surface $xyz = C$ (p. 250).

Enfin, au livre III, nous relevons comme principales additions (sans parler du chapitre XI provenant, comme nous l'avons dit plus haut, du transfert de l'ancien chapitre IV du livre II) : la détermination, d'après S. Lie, des surfaces minima qui peuvent, de plus d'une manière, être considérées comme des surfaces de translation (p. 360 à 364); l'étude de la surface minima découverte par Riemann, qui est la plus générale de celles que l'on peut engendrer au moyen d'un cercle (p. 461 à 464) ; un emploi plus étendu de la belle méthode de Ribaucour, fondée sur la considération des *congruences isotropes*, pour la recherche des surfaces minima algébriques inscrites dans une développable algébrique (p. 483 à 489), avec application à l'établissement des élégantes relations, remarquées par M. E. Cosserat, entre les surfaces minima inscrites à une sphère et les courbes à torsion constante (p. 486) et à la démonstration de ce curieux résultat que toute courbe de Bertrand est ligne asymptotique d'une surface minima qui se détermine sans aucun signe de quadrature, et qu'elle a pour correspondante, sur la surface adjointe, une ligne de courbure sphérique de celle-ci (p. 488).

Nous signalerons enfin la note en renvoi au bas de la page 551, où se rencontre un mode ingénieux de réduction des déplacements imaginaires à une forme canonique.

Le grand ouvrage de M. Darboux n'avait certes pas besoin des additions sur lesquelles nous venons de donner quelques rapides indications pour s'imposer à l'étude de ceux qui veulent pénétrer dans les hautes régions de la géométrie et qui, pendant bien longtemps encore, ne sauront trouver un guide les menant plus loin par des voies plus sûres et plus largement ouvertes. Il n'en est pas moins vrai qu'elles ne laissent pas d'y ajouter de nouveaux attraits, contribuant à faire jaillir l'enthousiasme admiratif du lecteur séduit par une si haute science enveloppée d'une si grande beauté d'expression, une si complète rigueur unie à une si rare élégance.

M. O.

III

Die Quadratur des Kreises von Eugen Beutel Oberreallehrer in den latin-und Realschule in Vaihingen-Enz. Mit 15 Figuren im Text. Un vol. in-12 de IV-76 pages. — Teubner, Leipzig et Berlin, 1913.

L'*Histoire de la Quadrature du Cercle*, par M. Beutel, forme le tome XII de la MATHEMATISCHE BIBLIOTHEK, éditée par MM. W. Lietzmann et A. Witting. Cette collection de petits in-12 cartonnés, mis en vente au prix uniforme de 0,80 mark, a pour but de fournir aux mathématiciens des lectures distrayantes et agréables empruntées à la branche qu'ils cultivent. Les sujets sont variés : curiosités mathématiques, histoire de problèmes célèbres, etc. Dans les volumes consacrés à l'histoire on ne demande, cela va de soi, ni appareil d'érudition, ni recherches originales ; on attend de l'auteur un résumé, clair et exact, des résultats acquis, rien de plus.

L'*Histoire de la Quadrature du Cercle,* par M. Beutel, nous semble parfaitement remplir ce programme. L'auteur a pris pour point de départ, l'histoire de la Quadrature du Cercle, publiée en 1892, par M. Ferdinand Rudio de Zurich. M. Beutel ne le dit pas en termes exprès ; mais, dans la bibliographie de son sujet, il cite, en bonne place, l'*Archimedes, Huygens, Lambert, Legendre. Vier Abhandlungen über Geschichte der Kreismessung*, par F. Rudio (Leipzig, Teubner, 1892.) La comparaison de l'*Histoire de la Quadrature du Cercle* avec la « Préface » de cet ouvrage, met aisément en relief les emprunts faits à M. Rudio, par M. Beutel. J'en félicite l'auteur. Le choix de sa source d'information est heureux ; car, maintenant encore, l'ouvrage de M. Rudio est resté l'un des meilleurs relatifs à l'histoire du fameux problème. Mais, bien des travaux ont été publiés depuis 1892 ; plusieurs points de détail ont été complétés, précisés ou rectifiés. M. Beutel s'est visiblement mis en peine pour les connaître. Quelque soin qu'on y mette, il est cependant presque impossible, en histoire, de ne rien oublier et de ne pas prêter le flanc à la critique. Aussi n'étonnerai-je personne, en signalant une inexactitude à corriger. Pour représenter le rapport de la circonférence au diamètre, on chercherait vainement le symbole $\pi : \delta$ dans la première édition (1631) de la *Clavis Mathematica* d'Oughtred. Cette première édition est très rare, et en croyant que le symbole $\pi : \delta$ s'y trouve déjà, M. Beutel est tombé dans l'erreur de nombreux historiens, qui ne tiennent pas compte des additions d'Oughtred, dans les éditions successives de sa *Clavis*. Le symbole n'apparaît, je crois, qu'en 1652, dans la 3e édition ; j'avoue, cependant, n'avoir jamais eu la 2e en mains.

Voici la traduction de la Table des matières de l'*Histoire de la Quadrature du Cercle*.

Ch. I. *Introduction.* — 1) Cause de la célébrité du problème de la quadrature du cercle. — 2) Énoncé exact du problème de la quadrature du cercle. Coup d'œil sur les diverses périodes de son histoire.

Ch. II. *Période des essais de solution par la géométrie élémentaire.* — 3) Les Égyptiens, les Chinois, les anciens Indiens, les Babyloniens. — 4) Les Grecs. — 5) Les Romains et les Indiens pendant le moyen âge. — 6) Les Arabes. — 7) Les peuples occidentaux, jusqu'en 1400. — 8) De Nicolas de Cuse à Huygens.

Ch. III. *La période arithmético-trigonométrique.* — 9) Influence des calculs différentiel et intégral. — 10) Calcul de π par les séries infinies. — 11) Produits infinis utilisés pour le calcul de π. — 12) Les Japonais et les Chinois. — 13) Histoire de l'emploi de la lettre π pour désigner le rapport de la circonférence au diamètre. — 14) Constructions approchées.

Ch. IV. *Période algébrique.* — 15) Démonstration de l'irrationalité du nombre π.

Ch. V. *Issue du problème de la quadrature du cercle.* — 16) Démonstration de la transcendance du nombre π.

Bibliographie du sujet. — Malgré le peu d'étendue de la liste, un nom beaucoup plus important que la plupart de ceux qui y figurent est oublié. C'est celui de von Braunmühl : *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie* (Leipzig, Teubner ; t. I, 1900 ; t. II, 1901.) Les renseignements que l'on trouve dans les *Vorlesungen* sont très nombreux et remarquables surtout par leur exactitude. Autre critique de détail, à propos de cette bibliographie : M. Beutel y nomme l'ouvrage de M. Max Simon, *Ueber die Entwickelung der Elementar-Geometrie im XIX Jahrhundert.* L'ouvrage a du bon ; mais, M. Beutel le recommande au point de vue des renseignements bibliographiques. Il eût fallu faire exactement le contraire. Si on voulait recommander l'*Entwickelung* de M. Max Simon, qui, je le répète, a du bon, la prudence demandait de mettre le lecteur en garde contre les renseignements bibliographiques qu'on y trouve. Ils sont, il est vrai, très nombreux ; mais souvent de seconde main et fournis sans contrôle suffisant. Les erreurs y abondent.

En résumé, le petit volume de M. Beutel est excellent. Le style clair et simple de l'auteur le met à la portée des étudiants ; mais je crois son esquisse historique faite encore plus pour les professeurs désireux de connaître l'histoire de la science, sans avoir le loisir d'y consacrer beaucoup de temps.

H. B.

IV

Table auxiliaire d'intérêts composés, par A. Trignart. Une brochure in-4° de VIII-33 pp. — Gauthier-Villars, Paris, 1914.

Les puissances de $(1 + i)$ croissent lentement pour une petite valeur de i. M. Trignart établit sur ce fait une méthode de calcul remarquable et, pour une même précision, plus simple que les calculs par logarithmes. Ses tables donnent les valeurs de $(1,0001)^n$ pour les valeurs entières de n comprises entre 1 et 1000, puis de 1000 en 1000 depuis $n = 1000$ jusqu'à $n = 100\,000$; enfin de 100 000 en 100 000 depuis $n = 100\,000$ jusqu'à $n = 1\,000\,000$. On peut donc obtenir, par deux ou trois multiplications au plus, les valeurs de $(1,0001)^n$ pour toutes les valeurs de n depuis 1 jusqu'à 1 000 000. Les puissances correspondantes vont de 1,0001 à 26.10^{42}.

Soit à calculer, par exemple, $\sqrt[n]{A}$. Les tables donnent

$$(1,0001)^x < A < (1,0001)^{x+1};$$

d'où

$$(1,0001)^{\frac{x}{n}} < A^{\frac{1}{n}} < 1,0001)^{\frac{x+1}{n}}.$$

Soit E le quotient par défaut de $\frac{x}{n}$; E' son quotient par excès, $\sqrt[n]{A}$ sera compris entre $(1,0001)^E$ et $(1,0001)^{E'}$, nombres lus dans les tables.

L'auteur ramène aussi à ses tables les calculs de A^n, et la résolution des équations $(1 + x)^n = N$, $N^y = M$.

Il ne traite que des exemples numériques. Quelques formules algébriques eussent été les bien venues, comme guides des opérations à faire. C'est la seule critique, critique toute négative, que nous ferons à cette utile brochure : elle rendra de précieux services aux actuaires et aux ingénieurs.

F. W.

V

Ioannis Verneri De Triangulis Sphaericis Libri quatuor, De Meteoroscopiis libri sex, cum proœmio Georgii Ioachimi Rhetici. — II. De Meteoroscopiis, herausgegeben von Joseph Würschmidt, unter Benutzung der Vorarbeiten von Dr. A. Björnbo. Mit einem Vorwort von Eilhard Wiedemann, und 97 Figuren im Text. Un vol. in 8° de (4) et 260 pages. — Leipzig et Berlin, Teubner, 1913.

Ce volume forme le fascicule II du tome 24 de la collection des Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen begründet von Moritz Cantor. Le premier fascicule du même tome avait paru depuis 1907. Il contenait les quatre célèbres livres de Werner relatifs aux triangles sphériques. J'en ai rendu compte ici, en avril 1908 ; et, dans mon compte rendu du tome I des *Opera omnia* de Tycho Brahe, je viens d'avoir l'occasion de rappeler le mérite de la méthode de Werner.

Une mort prématurée a enlevé à la science l'éditeur des *Triangles* de Werner, M. Björnbo ; aussi a-t-on pu craindre, pendant quelques années, que le travail, si heureusement commencé par le savant danois, ne fût définitivement interrompu. L'Académie Royale des Sciences de Bavière, sous les auspices de laquelle s'édite le manuscrit du Vatican, ne l'a pas permis. Les papiers de M. Björnbo ont été confiés à M. Würschmidt, qui s'est chargé de publier la deuxième partie du manuscrit découvert au Vatican par M. Björnbo.

Comment traduire *meteoroscopium ?*

Qu'on me pardonne de suivre l'exemple de M. Würschmidt et de créer en français, comme il l'a fait en allemand, le mot *météoroscope*.

Les *météoroscopes* sont des instruments en métal, ou en bois dur, espèces d'abaques destinés à résoudre les triangles sphériques. Werner explique la construction, la théorie et l'usage de quatre *météoroscopes*. C'est très curieux, mais, si neuf, qu'en vouloir donner une idée complète serait s'exposer à dépasser toutes les bornes acceptables d'un compte rendu.

M. Würschmidt n'a pas traduit le texte latin de Werner. Il a préféré nous donner en quelques lignes, proposition par proposition, un résumé de chacune d'elles. C'est utile, j'allais dire

indispensable pour la lecture du texte ; d'autant plus, que l'éditeur en a pris occasion de reconstituer les figures, qui manquent dans le manuscrit du Vatican. Immense travail que pareille reconstitution ! Plus d'un éprouvera le regret que M. Würschmidt n'en ait pas profité pour mettre, à la fin du volume, un tableau d'ensemble analogue à celui que M. Björnbo a mis à la suite de la première partie. Nous signalons cette lacune, avec l'espoir de la voir réparer bientôt, dans quelque recueil périodique consacré à l'histoire des mathématiques.

Voici, avec quelques remarques, les titres des divers livres :

Livre I. *Détermination des cercles de la « Saphée », avec les démonstrations.* Si d'un des pôles on projette l'équateur sur le plan qui touche la sphère à l'autre pôle, on obtient un cercle de rayon double de celui du cercle équatorial. Le cercle ainsi projeté se nomme *Saphée*, ou *Cercle limite*. La saphée joue un rôle important dans les météoroscopes de Werner.

Le livre I contient 10 propositions. La 10e a pour but la construction d'une règle *graduée*, « regula artificiosa », sur laquelle sont dessinées diverses échelles. Cette règle s'emploie concurremment avec le quart de cercle de la saphée, qui forme l'élément principal du premier météoroscope, comme Werner l'explique aux livres II et III.

Livre II. *Construction du premier météoroscope.* En 5 propositions ; les 4 premières ont pour but la détermination des graduations et des échelles graphiques qui doivent se dessiner sur le quadrant de la saphée ; la 5e donne la construction du météoroscope.

Livre III. *De l'usage du premier météoroscope.* Ce météoroscope, comme d'ailleurs aussi les deux suivants, sert à résoudre les triangles sphériques rectangles. Dans la première proposition, Werner applique son instrument à la solution de 12 problèmes fondamentaux auxquels il ramènera à peu près tous les autres. Soit a l'hypoténuse ; b et c les côtés de l'angle droit ; B l'angle opposé à b (l'angle C opposé à c n'intervient pas). En isolant l'inconnue, dans le premier membre, les 12 problèmes peuvent s'énoncer comme suit :

1) $\sin a = \sin b : \sin B$;	2) $\sin b = \sin a \sin B$;	3) $\cos a = \cos b \cos c$;
4) $\operatorname{tg} B = \operatorname{tg} b : \sin c$;	5) $\sin B = \sin b : \sin a$;	6) $\operatorname{tg} c = \operatorname{tg} a \cos B$;
7) $\cos c = \cos a : \cos b$;	8) $\operatorname{tg} a = \operatorname{tg} c : \cos B$;	9) $\operatorname{tg} b = \operatorname{tg} B \sin c$;
10) $\cos B = \operatorname{tg} c : \operatorname{tg} a$;	11) $\cos b = \cos a : \cos c$;	12) $\sin c = \operatorname{tg} b : \operatorname{tg} B$.

A lui seul, ce livre III, composé de 91 propositions, a une étendue double des cinq autres livres réunis. Beaucoup de pro-

blèmes sont relatifs à l'astronomie et se ramènent immédiatement, nous l'avons dit, aux formules précédentes. Le premier problème traité, par exemple, est le suivant (prob. 2) : Trouver la déclinaison du soleil, connaissant sa position sur l'écliptique. Les données sont donc : la longitude a et l'angle B de l'écliptique et de l'équateur ; l'inconnue est la déclinaison b. La formule 2) donne la solution. Beaucoup de problèmes n'ont cependant pas la simplicité du précédent ; plusieurs offrent un réel intérêt et quelques-uns sont même, pour l'époque, vraiment difficiles.

Livre IV. *Construction du 2e météoroscope* (6 propositions). La proposition 5 donne la construction du météoroscope ; la proposition 6, celle de la règle graduée qui lui correspond.

Livre V. *Construction du 3e météoroscope* (11 propositions). Après ces deux livres, Werner ne donne pas un choix de problèmes, comme il l'avait fait pour montrer l'usage du premier météoroscope.

Le livre V a quelques propositions très intéressantes, parce qu'il y est fait usage des propriétés de l'ellipse. On sait combien peu les coniques étaient étudiées au commencement du XVIe siècle. En style moderne, les propositions auxquelles je fais allusion pourraient s'énoncer : Proposition 4 : Étant donnés deux grands cercles de la sphère, si l'on projette orthogonalement la circonférence d'un de ces cercles sur le plan du second, la projection est une ellipse. Proposition 10 : Étant donnée une circonférence décrite sur le grand axe d'une ellipse comme diamètre, si l'on divise les ordonnées orthogonales de cette circonférence dans le rapport du petit axe au grand axe de l'ellipse, les points de division appartiennent à l'ellipse.

La règle graduée est celle du deuxième météoroscope.

Les trois premiers météoroscopes sont destinés à la résolution des triangles rectangles ; le dernier sert aux triangles sphériques quelconques.

Livre VI. *Construction et usage du quatrième météoroscope.* Ce livre a en réalité deux parties : la première se compose de trois propositions théoriques ; la seconde renferme trente problèmes d'application.

Propositions théoriques : 1) Construction du 4e météoroscope ; 2) Construction de la règle graduée ; 3) Résolution des problèmes fondamentaux. Werner leur donne le nom de théorèmes. Ils sont au nombre de huit : 1) On donne les trois côtés d'un triangle ; on demande un des trois angles. 2) On donne deux

côtés et l'angle qu'ils comprennent ; on demande le troisième côté. 3) On donne deux côtés et l'angle opposé à l'un deux ; on demande le troisième côté. 4) On donne deux côtés et l'angle qu'ils comprennent ; on demande un des deux angles restants. 5) On donne deux côtés et l'angle opposé à l'un deux ; on demande l'angle compris entre les côtés connus. 6) On donne deux côtés et l'angle opposé à l'un d'eux ; on demande l'angle opposé au second côté connu. 7) On donne un côté et les deux angles adjacents ; on demande un des deux autres côtés. 8) Mêmes données ; on demande le troisième angle.

Parmi les 30 problèmes, les 13 derniers sont qualifiés de problèmes astronomiques et le 17e de problème géographique. La classification est un peu arbitraire, car, sous le n° 3, par exemple, je remarque l'énoncé suivant qui est bien un problème géographique : Connaissant les latitudes et la différence des longitudes de deux villes, trouver leur distance. Le problème, dit Werner, se résout par la méthode du théorème 2 (trouver le troisième côté d'un triangle, dont on connaît deux côtés et l'angle qu'ils comprennent). Dans l'application numérique, la distance qui sépare les deux villes est de 54°, ce que Werner évalue à 27 000 stades, ou 500 stades au degré.

Le volume se termine par un *Index* donnant la traduction allemande de quelques mots difficiles. Il faut le compléter par l'*Index* analogue donné par M. Björnbo, à la fin du premier fascicule.

De nos jours, Werner est célèbre dans l'histoire de la trigonométrie pour avoir retrouvé la méthode de la prosthaphérèse. Son traité des *Météoroscopes* rappelle l'attention sur ses qualités de géomètre. En parlant de l'opuscule de Werner consacré aux propriétés des coniques, Chasles disait, dans son *Aperçu historique* (3e éd., Paris 1889, p. 120) :

« La nouvelle méthode (de Desargues) qui fait dériver les propriétés des coniques de celles du cercle et de la considération du solide dans lequel ces courbes prennent naissance, avait déjà été pratiquée par deux géomètres du siècle précédent. D'abord par Werner de Nuremberg, qui avait démontré ainsi plusieurs propriétés élémentaires des sections coniques ; ensuite par le célèbre Maurolicus de Messine. »

Beaucoup plus loin (pp. 532 et 533), Chasles revient sur le même sujet :

« J. Werner n'a pas été un écrivain d'un esprit aussi vaste et aussi fécond que Léonard de Vinci et Regiomontanus, les deux

plus grands hommes du XVe siècle que nous ayons nommés. Mais, considéré comme simple géomètre, il nous paraît devoir être placé immédiatement après Regiomontanus. Ses ouvrages ne sont point l'imitation ou la reproduction des ouvrages grecs, comme c'était l'usage de ces premiers temps de la culture des sciences : mais ils sont le fruit des propres idées de l'auteur et portent, avec le cachet de l'originalité, celui d'une excellente et solide géométrie. »

Se tromperait-on, en disant que les *Météoroscopes*, et plus particulièrement les ellipses projetées sur le troisième météoroscope, nous donnent le secret de cette originalité ?

« Dans un livre qui a été imprimé en 1532 (1), continue Chasles, Werner traite des sections coniques, de la duplication du cube et du problème d'Archimède, où il s'agit de diviser une sphère par un plan en deux parties qui soient entre elles dans un rapport donné. Une quatrième partie de l'ouvrage était consacrée à l'astronomie. Nous avons déjà parlé du petit *Traité des Coniques*, qui, outre l'avantage d'être le premier qui ait paru en Europe, avait aussi celui de reposer sur une méthode

(1) Suivant une habitude du temps, le titre donne au long tout ce que le volume contenait. Le voici tel que je le transcris sur l'exemplaire de l'Université de Louvain. (Scienc., 727).

In hoc opere haec continentur. Libellus Ioannis Verneri Norembergen. Super viginti duobus elementis conicis. Ejusdem Commentarius seu paraphrastica enumeratio in undecim modos conficiendi ejus problematis quod Cubi duplicatio dicitur. Ejusdem commentatio in Dyonisodori problema quo data sphaera plano sub data secatur ratione. Alius modus idem problema conficiendi ab eodem Ioanne Vernero nouissime compertus demonstratusque ; Ejusdem Ioannis de motu octauae sphaerae, tractatus duo. Ejusdem summaria enarratio theoricae motus octauae sphaerae. Cum gratia et privilegio Imperiali.

A la fin : *Impressum Norembergae per Fridericum Peypus, Impensis Lucae Alanstee civis et bibliopolae Viennen. Anno M D. XXII. Hromanis* (sic) *imperante invictissimo Carolo Hispaniarum rege. Cum gratia et privilegio imperiali.*

Cet article était sous presse, quand j'ai lu le compte rendu des *Triangles* et des *Météoroscopes* de Werner, publié par M. Pierre Duhem, dans la dernière livraison du BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES (mars 1914). A propos des deux nouveaux ouvrages de Werner, M. Duhem a cru, comme moi, devoir rappeler les *Opuscules* de 1532 et émet le vœu de les voir rééditer. Tous ceux qui ont eu l'occasion de lire le rarissime volume de Werner et d'en apprécier le mérite, se rallieront volontiers à la proposition de notre éminent collègue de la Société scientifique. L'Académie Royale de Bavière, qui a déjà tant contribué à glorifier Jean Werner de Nuremberg, se doit, semble-t-il, d'en poursuivre la réalisation.

différente de celle des Anciens. Werner considérait les coniques dans le cône et se servait des propriétés de ce solide pour en déduire, d'une manière très facile, celles de ces courbes. Méthode rationnelle, qui a été mise en usage aussi, cinquante ans après, par Maurolicus, et sur laquelle ont reposé ensuite les ouvrages de Desargues, de Pascal et de La Hire. »

Chasles eût encore ajouté à ces éloges, s'il avait connu le traité des *Triangles sphériques* et celui des *Météoroscopes*. Aussi, formons-nous le vœu de voir un jour tous les travaux de Werner analysés en détail, dans une étude d'ensemble. Le chanoine Jean Werner de Nuremberg s'y montrerait digne d'y figurer parmi les princes de la science, pas trop au-dessous de Léonard de Vinci et de Regiomontanus. C'est Chasles, on vient de le voir, qui rapproche ces trois noms.

H. B.

VI

Auspiciis Societatis Linguae et Litterarum Danicarum (Det Danske Sprog-og Litteratur-Selskab). TYCHONIS BRAHE DANI OPERA OMNIA, edidit I. L. E. DREYER. Tomus I. Hauniae, MCMXIII. In libraria Gyldendaliana. Typis Nielsen & Lydiche (Axel Simmelkiaer). — TYCHONIS BRAHE DANI SCRIPTA ASTRONOMICA, edidit. I. L. E. DREYER, Auxilio IOANNIS RAEDER; Sumptus fecit G. A. HAGEMANN. Tomus I. Hauniae. etc. (comme ci-dessus). Un vol. grand in 4° de LIX-320 et (2) pages.

Ce splendide volume est imprimé en caractères rappelant les plus beaux types de la fin du XVIe siècle. A la dernière page, les imprimeurs nous disent à la manière ancienne : « Typis descripserunt Nielsen et Lydiche (Axel Simmelkiaer). Chartam praebuerunt officinae chartariae consociatae (De forenede papirfabrikker). Quae lucis ope exprimenda erant, expressit F. Hendriksen. Numerus exemplorum venalium : 225. Primus tomus prelum reliquit d. 8. M. Novembris. Anno MCMXIII. »

Copernic, Galilée, Kepler avaient des éditions récentes. Seul des premiers fondateurs de l'astronomie moderne, Tycho Brahe était en retard. En voyant ce beau volume, on serait tenté de croire que les Danois ont attendu intentionnellement, pour s'assurer la palme en venant les derniers. Et ce n'est pas peu

dire, quand on se rappelle le luxe déployé dans l'édition nationale des *Œuvres de Galilée*, par exemple.

Le volume s'ouvre par la reproduction phototypique, hors texte, d'un ancien portrait, au trait, de Tycho. Puis vient une préface de trois pages, par la Société de la Langue et des Lettres Danoises, datée du mois de septembre 1913. La Société a confié, nous dit-elle, l'édition à M. Dreyer, directeur de l'Observatoire d'Arnagh, en Irlande ; c'est l'homme qui connaît aujourd'hui le mieux Tycho Brahe. M. Dreyer a notamment débrouillé et classé toutes les observations astronomiques inédites de Tycho ; travail que seul, peut-être, il était capable de mener à bon terme ; travail que nul, en tous cas, ne pouvait faire mieux que lui. L'Institut Carlsberg a promis de donner les fonds nécessaires à l'impression de cette partie de l'édition. Un donateur généreux, possesseur d'une grande fortune, M. Hagemann, a pris à sa charge la réimpression des ouvrages déjà édités. On ne voit pas ce qui pourrait empêcher la Société de la Langue et des Lettres Danoises de mener à bonne fin sa belle et grande entreprise.

Tycho Brahe écrivit presque toujours en latin ; quelques pièces cependant sont en danois. La Société de la Langue et des Lettres Danoises les fera traduire, pour donner toute l'édition en latin.

On aurait pu s'attendre à trouver dans les « Prolegomena » de M. Dreyer, une biographie de Tycho. Mais l'auteur a édité en 1890, à Edimbourg, la meilleure Vie de Tycho qui aît été publiée jusqu'ici (1). Pour ne pas se répéter, il a limité le sujet. Les « Prolegomena » peignent plutôt le tableau de l'influence de Tycho Brahe sur la science du ciel à la fin du XVIe siècle, au triple point de vue de l'astronomie physique, de l'astronomie théorique et de l'astrologie. Je dis bien : de l'astrologie ; car, astrologue, presque tout le monde alors l'était un peu. Voilà pour nous, hommes du XXe siècle, l'un des phénomènes psychologiques les plus curieux, qui se puissent étudier. Jamais il n'a encore été élucidé à fond. M. Dreyer nous fait sur le sujet quelques remarques intéressantes, tout en n'épuisant pas, loin de là, la question.

Le premier volume des *Opera omnia* contient les ouvrages suivants :

De Nova Stella. En tête, le fac-similé du titre de l'édition « princeps » : *Tychonis Brahe, Dani De Nova Et Nullius Aevi*

(1) *Tycho Brahe. A Picture of scientific life and work in the sixteenth century* by J. L. E. Dreyer, Edinburgh. Adam and Charles Black, 1890.

Memoria Prius Visa Stella, iam pridem Anno a nato Christo 1572. Mense Novembri primum Conspecta, Contemplatio Mathematica. Cui praeter exactam Eclipsis Lunaris, hujus Anni, pragmatian, Et elegantem in Uraniam-Elegiam, Epistola quoque Dedicatoria accessit : in qua, noua et erudita conscribendi Diaria Meteorologica Methodus, utriusque Astrologiae studiosis, eodem Autore, proponitur : Cuius, ad hunc labentem annum, Exemplar singulari industria elaboratum conscripsit, quod tamen, multiplicium Schematum exprimendorum, quo totum ferme constat, difficultate, edi, hac vice, temporis angustia non patiebatur. Hafniae, Impressit Laurentius Benedicti, 1573.

Ce long titre résume le contenu du volume. Personne n'a jamais contesté son intérêt scientifique. J'appelle néanmoins l'attention sur ce fait qu'il est destiné aux amateurs des deux astrologies : « utriusque astrologiae studiosis » : entendez par là, l'astronomie et l'astrologie proprement dite.

Seule l'astronomie de la *Nova Stella* nous intéresse encore aujourd'hui ; Delambre en a décrit une de ces analyses magistrales dont il avait le secret (*Histoire de l'Astronomie moderne*, Paris, Courcier, t. I, pp. 185 et suiv.). L'historien français ne travailla pas, on le sait, sur l'édition originale de la *Nova Stella*, mais sur la partie qui en fut rééditée en 1603, dans les *Progymnasmata* de Tycho. L'illustre Danois y a perdu toute confiance dans le caractère scientifique de l'astrologie ; lui-même, au surplus, à la fin de sa vie, traitait la *Nova Stella* d'œuvre de jeunesse.

Tycho avait d'abord décidé de la publier sous le voile de l'anonyme. Un Brahe s'occuper de science ! Pensez donc ! C'était forligner. Au dernier moment il se ravisa. N'importe, un si noble seigneur ne pouvait pas se mettre complètement au dessus des préjugés de sa famille. L'auteur semble ne pas avoir mis le volume en vente et s'être contenté d'hommages d'auteur. Encore les distribua-t-il d'une main des plus parcimonieuses ; tel le fruit d'une mauvaise action. Aussi, les exemplaires de la première édition de la *Nova Stella* sont-ils devenus des plus rares. En 1901, à l'occasion du 300e anniversaire de la mort de Tycho, l'Académie Royale des Sciences de Danemark fit reproduire l'édition par le procédé anastatique (1). Les éditeurs

(1) En voici le titre : *Tychonis Brahe Dani die XXIV octobris A. D. MDCI defuncti Operum primitices De Nova Stella summi civis memor denuo edidit Regia Scientiarum Societas Danica. In sunt effigies et manus specimen Tychonis.* Hauniae, Die XXXIV octobris A. D. MDCCCCI.

disaient ne plus connaître que cinq exemplaires de l'édition de 1573 : trois dans les bibliothèques de Copenhague, un à l'Observatoire de Pulkova, un à celui d'Edimbourg. Ce serait une erreur d'en conclure qu'il n'y en a plus d'autres. Moi-même, j'ai eu l'édition de 1573 en mains, à la Bibliothèque de l'Université de Gand (Math. 906).

Les pages de l'édition originale n'étaient pas numérotées, mais signées de lettres majuscules. Ces signatures sont reproduites ici. Au point de vue des citations à faire ou à contrôler, l'édition actuelle peut donc remplacer complètement, aussi bien l'édition originale que sa reproduction anastatique de 1901.

La *Nova Stella* était connue. Voici qui est neuf et publié pour la première fois : *Appendices ad librum de Nova stella pertinentes*. Ces « Appendices » sont au nombre de trois.

Le *Diarium Anni 1673*. Tycho ou, peut-être, son éditeur, car, on le sait, ce fut un médecin de Copenhague, Jean Pratensis, qui se chargea du soin matériel de l'édition de la *Nova Stella*, Tycho donc avait reculé devant la difficulté technique de l'impression des tableaux que ces éphémérides contenaient. Il nous l'apprend lui-même, dans la *Nova Stella* (f° G^4r). Pour les typographes d'aujourd'hui, ce n'est plus qu'un jeu. Les éditeurs publient le *Diarium*, d'après le cod. Vindob. lat. 10932.

Additiones ad Commentationes de Eclipsi lunæ anni 1573, quas libro De Nova Stella postea adjecit Tycho. Tycho Brahe ajouta après coup diverses observations à ses remarques sur l'éclipse lunaire de 1573, publiées dans la *Nova Stella*. Elles sont éditées ici pour la première fois d'après le cod. Vindob. lat. 10686^{17}.

Excerpta Tychonis ex litteris quorumdam amicorum, quibus agitur de Nova Stella anni 1572. Quatre passages assez courts de la main de Tycho, relatifs à la *Nova* de 1572, extraits de lettres adressées à Tycho par ses amis, et publiés d'après le cod. Vindob. lat. 13619.

Nous passons maintenant à un tout autre sujet : *De disciplinis mathematicis oratio (1574)*. Discours sur les sciences mathématiques. On connaît cette pièce curieuse, si importante pour savoir ce que Tycho pensait *alors* de l'astrologie. L'auteur ne la publia pas ; mais elle eut deux éditions posthumes : Copenhague, 1610, et Hambourg, 1621. Les éditeurs nous donnent l'*Oratio* d'après le texte du cod. Vindob. lat. 10686^{22}, qui diffère assez des deux textes imprimés, surtout à la fin. L'auteur intitule ce discours : *Oratio quam habui anno 1574, in principio sep-*

tembris in consessu mag. legati Galli, doctorum et professorum omnium atque studiosorum Academiae Hafniensis, cum ex regis voluntate publicam in astronomicis praelectionem inchoarem. Il est assez piquant de noter ces mots : *Ex regis voluntate*. Il fallut une intervention royale, pour persuader à un Brahe, qu'il pouvait sans déchoir donner une série de leçons sur l'astronomie !

A ce discours inaugural, les éditeurs ajoutent un *Appendice* de deux pages, tiré du cod. Vindob. lat. 10689[40].

Viennent après l'*Oratio* trois horoscopes édités pour la première fois : *Horoscopus Serenissimi Regis Christiani IV^ti, ad mandatum serenissimi regis Friderici II^di a Tychone Brahe Ottonide conscriptus in insula Huena, calendis Iulii Anno 1577* (Cod. Hauniensis Ant. Coll. Reg. 1820 in-4°). *Horoscopus principis Huldarici 1579* (Cod. hauniensis Ant. Coll. Reg. 1822 in-4°). *Horoscopus principis Ioannis 1583* (Cod. Hauniensis Ant. Coll. Reg. 1823 in-4°). Les remarques à faire sur ces trois horoscopes ne manquent pas, mais elles m'entraîneraient trop loin; car, comme je l'ai dit ci-dessus, une histoire de l'astrologie au XVIe siècle est encore à faire. Aussi bien, ai-je hâte d'en arriver aux deux derniers traités publiés dans ce volume.

Triangulorum planorum et sphaericorum praxis arithmetica, qua maximus eorum praesertim in astronomicis usus compendiose explicatur. Tycho Brahe Calend. Januar. 1591.

Appendix ad Triangulorum praxin pertinens. 1599.

Dans la *Nova Stella*, l'*Oratio* et les *Horoscopes*, les réflexions astrologiques de Tycho agacent aujourd'hui, et nous gâtent un peu le talent d'observateur qu'il y déploie. Cette fois, nous pouvons louer sans réserve. Les deux notes relatives à la trigonométrie doivent se placer parmi les meilleures pages du grand astronome.

La première de ces notes a été publiée, pour la première fois, en 1886, par M. Studnicka. Je lui ai consacré dans cette REVUE, en octobre 1901, une étude approfondie. La seconde note est neuve et publiée pour la première fois (Cod. Hauniensis Ant. Coll. Reg. 317 in-2°). Elle mérite autant d'attention que la première.

Revenons d'abord un instant sur celle-ci.

On se le rappelle, M. Studnicka publia la *Triangulorum praxis* en reproduisant, par la phototypie, un manuscrit de l'Université de Prague. L'éditeur le prenait pour un autographe de Tycho. Contrairement à l'avis de M. Dreyer, l'opinion de M. Studnicka

paraissait vraisemblable, et je l'adoptai dans mon étude de 1901. Ma conviction a été fortement ébranlée depuis. Je crois difficile de soutenir encore cette thèse.

Jean Werner de Nuremberg (1468-1528) avait retrouvé la méthode de la *prosthaphérèse*, connue jadis par les Arabes, mais oubliée depuis. Elle consistait essentiellement, on le sait, à transformer les produits des lignes trigonométriques en sommes ou en différences. Werner composa une trigonométrie, dans laquelle beaucoup de formules se simplifiaient par l'emploi de la prosthaphérèse. A sa mort, le manuscrit vint entre les mains de Rhéticus, qui en commença l'impression. Pour des causes restées mal définies, le travail fut interrompu après la préface. La trigonométrie de Werner passa plus tard de mains en mains, puis finit par se perdre.

Tycho Brahe la connut-il ? Feu le savant von Braunmühl l'a soutenu jadis, et en donnait des raisons qui paraissaient fort plausibles ; je m'y suis rallié dans mon travail de 1901. Mais, depuis lors, est survenu un fait nouveau. Le regretté M. Björnbo, de Copenhague, a retrouvé, à la Bibliothèque du Vatican, le manuscrit du traité des triangles de Werner, destiné par Rhéticus à l'impression et l'a publié. Comme je l'ai dit (avril 1908), en rendant ici compte de l'édition de Björnbo, l'opinion de von Braunmühl n'est plus défendable. Elle s'appuyait, non pas sur des témoignages positifs, mais sur de très ingénieuses conjectures. Or, un argument les renverse de fond en comble : certaines formules de Werner sont plus simples que celles de Tycho. Compliquer les formules ! Il n'est pas permis, sans preuve, de croire le grand astronome capable d'une pareille maladresse ; c'est en contradiction avec tout ce que nous savons de lui.

On doit donc admettre que Longomontan dit vrai, quand il raconte que, vers 1580, Tycho et Wittich de Breslau, discutant ensemble les moyens de simplifier les calculs de l'Observatoire, trouvèrent la prosthaphérèse. Tycho ne publia pas ses formules, mais en fit faire plusieurs copies à l'usage exclusif des savants qui travaillaient sous ses ordres à l'observatoire d'Uranibourg. Le manuscrit de Prague, publié par M. Studnicka, est tout bonnement une de ces copies.

Nous l'avons vu ci-dessus, par la transcription du titre, cette copie de Prague est datée de 1591. Une nouvelle question se pose : Tycho trouva-t-il dès 1580, toutes les formules qu'il employait en 1591 ? C'est peu probable et l'*Appendix* publié aujourd'hui par M. Dreyer nous en apporte une preuve indi-

recte, en nous montrant que Tycho ne cessa de perfectionner ses formules, chaque fois qu'il en eut l'occasion. Ensuite, la formule du *Dogma VII* est trop remarquable, pour ne pas croire qu'elle ait dû demander au grand Danois des recherches spéciales.

Quoi qu'il en soit, un mauvais tour joué à Tycho par un des assistants de son observatoire et une idée émise par Clavius, dans son *Astrolabium*, semblent avoir été la double occasion des perfectionnements apportés à la prosthaphérèse dans l'*Appendix*.

Parmi les astronomes qui travaillaient à Uranibourg, se trouvait Nicolas Reimers, savant de génie, mais homme mal élevé s'il en fut. Reimers tirait vanité de son manque d'éducation et signait ses ouvrages : Nicolaus Raimarus, Ursus Dithmarsus. Tycho et l'Ours de Ditmarsch se brouillèrent. Reimers quitta Uranibourg méditant une vengeance. Pour toucher son ennemi au vif, il divulguerait un des grands secrets de l'éclatante supériorité d'Uranibourg, secret jalousement gardé ; il publierait la méthode de la prosthaphérèse. Cette méchanceté, Reimers, au grand profit de la science, l'exécuta en 1588, dans son *Fundamentum Astronomicum* (1). Le *Fundamentum* tomba entre les mains de Clavius, qui en fut enthousiasmé. Non content d'admirer la prosthaphérèse, il en signala, en 1593, dans son traité de l'*Astrolabe* (2) un progrès considérable : par l'emploi d'angles auxiliaires, la méthode s'appliquait à la multiplication et à la division de deux nombres entiers quelconques. Clavius, remarquons-le cependant, n'inventa pas les angles auxiliaires ; les Arabes les avaient imaginés avant lui, puis l'idée s'était perdue. Au XVIe siècle, à l'Observatoire de Cassel, Burgi s'en était de nouveau avisé, avant Clavius ; mais le Jésuite avait eu le mérite d'introduire le procédé dans le domaine public.

Les observatoires d'Uranibourg et de Cassel étaient en relations cordiales et suivies. Au surplus, Tycho ne pouvait pas ignorer un ouvrage tel que l'*Astrolabe* de Clavius. Peu importe,

(1) Argentorati. Excudebat Bernhardus Jobin, 1588. Pour plus de détails voir la *Note sur le Fundamentum Astronomicum de Raymarus Ursus Dithmarsus*, publiée en Appendice à mon édition du *Traité des Sinus* de Michel Coignet. ANN. DE LA SOC. SCIENT. DE BRUXELLES, t. XXV, Bruxelles 1901, pp. 16-20 du tirage à part.

(2) *Christophori Clavi Bambergensis e Societate Iesu Astrolabium*. Cum Privilegio. Romae. Impensis Bartholomaei Grassi. Ex Typographia Gabiana. M. D XCIII, pp. 178-194. — Dans l'édition des *Opera Mathematica*, t. 3. Moguntiae M. DC. XI, pp. 94-99.

d'ailleurs, qui lui fit connaître la méthode des angles auxiliaires; l' *Appendix ad Triangulorum praxin* de 1599 va nous montrer le parti qu'il en tira. Pour la clarté, je l'exposerai en notations modernes; mais en écrivant cependant, avec l'auteur, $\sin(90 - a)$ au lieu de $\cos a$. Tycho Brahe, il ne faut pas l'oublier, n'emploie aucune notation algébrique. Ses théorèmes sont généralement énoncés en phrases ordinaires; mais, dans l'*Appendix*, il les formule en grands tableaux à accolades multiples et compliquées, qu'on croirait inspirées par la lecture d'Adrien Romain.

Dans le *Dogma VI* de la *Triangulorum Praxis*, la formule d'Albategnius

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

était transformée en

$$\sin(90 - a) = \frac{1}{2}\Big[\sin(90 - b + c) + \sin(90 - b - c)\Big]$$
$$+ \frac{1}{2}\Big[\sin(90 - b + c) - \sin(90 - b - c)\Big] \sin(90 - A).$$

Le second membre renfermait encore une multiplication désagréable, par $\sin(90 - A)$. Voici comment, en 1599, la difficulté est tournée, dans l'*Appendix* :

$$\frac{1}{2}\Big[\sin(90 - b + c) - \sin(90 - b - c)\Big] = \text{Inventum I.}$$

Inventum I ; littéralement *Résultat* I. Posons

$$\frac{1}{2}\Big[\sin(90 - b + c) - \sin(90 - b - c)\Big] = \sin x.$$

Il s'agit maintenant d'appliquer la prosthaphérèse au produit $\sin x \sin(90 - A)$. Il vient

$$\frac{1}{2}\Big[\sin(90 - x + 90 - A) + \sin(90 - a - \{90 - x\})\Big]$$
$$= \text{Inventum II}$$

d'où enfin

$$\text{I} + \text{II} = \sin(90 - a).$$

Les perfectionnements apportés, par l'*Appendix*, au *Dogma IX*

de la *Triangulorum praxis* ne sont pas moins remarquables. La formule ancienne

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c}$$

était devenue, dans le *Dogma IX* :

$$\sin(90-A) = \frac{\sin(90-a) - \frac{1}{2}\left[\sin(90-b+c) + \sin(90-b-c)\right]}{\frac{1}{2}\left[\sin(90-b+c) - \sin(90-b-c)\right]}.$$

Pour éviter la division qui reste encore à faire, Tycho pose, dans l'*Appendix* :

$$\sin(90-a) - \frac{1}{2}\left[\sin(90-b+c) + \sin(90-b-c)\right] = \sin x,$$

$$\frac{1}{2}\left[\sin(90-b+c) - \sin(90-b-c)\right] = \operatorname{cosec} y$$

d'où

$$\sin(90-A) = \sin x \sin y = \frac{1}{2}\left[\sin(90-x+y) - \sin(90-x-y)\right]$$

Il est clair qu'avant d'égaler à une cosécante les dénominateurs de la fraction qui donne $\sin(90-A)$, il faudra parfois en multiplier les deux termes par une puissance de 10 convenablement choisie. Ce n'est pas toujours sans inconvénients. En proposant la méthode, Clavius en faisait déjà lui-même la remarque.

Les deux nouvelles règles de Tycho Brahe sont suivies de plusieurs exemples numériques, calculés en détail et jusqu'au bout. Le grand astronome veut justifier ainsi l'excellence de sa méthode.

En résumé, une conclusion importante se dégage de la publication de l'*Appendix* de Tycho : Tous les perfectionnements apportés aux formules de la prosthaphérèse, par l'emploi des angles auxiliaires, ont été connus et appliqués par l'immortel astronome lui-même. Il était jusqu'ici permis d'en douter.

H. Bosmans, S. J.

VII

Pierre Duhem. — Le Système du Monde. *Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic.* Tome I. Un vol. grand in-8° de 512 pages. — Paris, A. Hermann et fils, 1913.

Un nouvel ouvrage de M. Duhem n'est pas chose rare, mais c'est toujours une excellente fortune.

A maintes reprises, les lecteurs de cette Revue ont eu les prémices des recherches originales et fécondes du savant professeur de Bordeaux sur la philosophie et l'histoire des sciences. Ils ont admiré la vigueur de pensée, l'érudition, la méthode et la clarté de ces études magistrales, dont l'étendue ne nuit pas à la profondeur, encore qu'elles semblent être, pour leur auteur, un délassement au milieu de ses nombreux travaux théoriques et professionnels.

Longtemps M. Duhem s'est livré au dur labeur du pionnier dans le domaine, d'accès difficile, de l'histoire des sciences dans l'antiquité et le moyen âge ; on sait combien ses efforts ont été heureux : ils ont mis en valeur des champs embroussaillés et tombés en friche, et leur ont fait porter des fruits abondants. Il reste à en tirer le meilleur parti et au profit du plus grand nombre. C'est ainsi qu'après le labour, les semailles et la moisson, on recueille le froment et on en fait du pain.

Le nouvel ouvrage de M. Duhem est plus que la synthèse de ses travaux historiques antérieurs ; il en est la somme méthodiquement ordonnée, complétée en maints endroits, et enrichie de l'exposé critique des découvertes de ses devanciers. Un mot suffit à en marquer la portée : désormais, on ne parlera plus de l'astronomie grecque sans citer M. Duhem au même titre que G. Schiaparelli, Paul Tannery et Th. Heath. Quant à l'histoire des progrès ultérieurs de la science, chez les Arabes et au moyen âge, tout permet de prévoir qu'elle trouvera en lui l'interprète le plus autorisé.

C'est aux philosophes et aux historiens que s'adresse spécialement M. Duhem ; mais tous ceux qui par profession ou par goût s'intéressent aux origines et au développement des doctrines scientifiques ; tous ceux qui, à un titre quelconque, sont amenés à jeter un coup d'œil d'ensemble sur leur évolution historique, trouveront ici la synthèse qui leur convient le mieux.

C'est ainsi qu'en a jugé la science officielle : si la passion la

rend parfois aveugle, elle s'est montrée très clairvoyante à l'égard de cette publication.

« L'œuvre dont nous entreprenons aujourd'hui la publication, écrit M. Duhem dans l'avant-propos du tome I, aura de vastes proportions (1), pourvu que Dieu nous donne la force de l'achever. Cette ampleur eût effrayé le très grand désintéressement de nos éditeurs, MM. A. Hermann et fils, si aucune aide ne s'était offerte pour les seconder. Une généreuse subvention de l'Institut de France, une très importante souscription du Ministère de l'Instruction publique ont permis de mettre sous presse les volumes qui rassemblent les résultats de nos recherches. Peut-être ces pages apporteront-elles quelques utiles renseignements au chercheur soucieux de connaître ce que les précurseurs de la science moderne ont pensé du Monde, des corps qui le composent, des mouvements qui l'agitent, des forces qui l'entraînent. Que le lecteur auquel notre ouvrage aura, de la sorte, rendu quelque service, veuille bien, comme nous même, garder toute sa reconnaissance pour ceux à qui sont dues cette subvention et cette souscription ; nous avons nommé M. G. Darboux, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, et M. Ch. Bayet, directeur de l'enseignement supérieur ; sans leur bienveillance, cet écrit n'eût pas vu le jour. »

Tous applaudiront à cet hommage rendu aux mérites de M. Duhem, l'héritier, en France, et l'émule du regretté Paul Tannery, pour qui la politique aveugle fut si cruellement partiale.

Le Système du Monde est un livre qu'il convient d'étudier, mais dont une analyse, forcément incomplète, risquerait de fausser la physionomie. C'est ce qui arriverait si l'on se bornait à n'y envisager que la reconstitution des systèmes astronomiques qui se sont succédé, chez les Grecs, de Pythagore à Ptolémée. Cette restitution, en effet, n'est qu'une partie, très intéressante, sans doute, mais la moins personnelle dans ses traits essentiels, de l'œuvre du savant historien. Il en est une autre, intimement liée à la première, plus originale et non moins intéressante : elle nous fait connaître les idées mystiques et les doctrines cosmologiques au sein desquelles cette astronomie mouvante a germé et évolué ; elle souligne les éléments féconds, introduits dans ces différents mécanismes et qui ont échappé à leur ruine ;

(1) Si nous sommes bien informé, l'ouvrage comprendra une dizaine de volumes.

le but que poursuivent les auteurs de ces multiples systèmes y est nettement marqué : en astronomes avisés, ils ne cherchent pas à deviner la structure de l'univers ; ils poursuivent avant tout la solution d'un problème grandiose, entrevu par les pythagoriciens et très nettement posé par Platon : « sauver les apparences » que l'observation du ciel nous révèle en recourant uniquement à la composition de mouvements circulaires et uniformes ; soumettre ainsi les phénomènes célestes à la géométrie, et se donner par là le moyen de les prévoir.

On conçoit dès lors qu'ils aient pu poursuivre ce but en plaçant tour à tour, au centre du monde, la Terre immobile, le feu central — sorti de l'arithmétique mystique des Pythagoriciens, et qui n'a rien de commun avec notre Soleil — la Terre en rotation autour de l'axe du Cosmos, le Soleil et, enfin, pour de longs siècles, la Terre redevenue immobile. Et ce qu'il faut admirer ici sans réserve, ce ne sont pas seulement les efforts d'une géométrie de plus en plus savante, c'est la perfection relative qu'atteignit enfin la solution du problème qu'on s'était posé.

Dans un autre ordre d'idées, M. Duhem insiste beaucoup, et avec raison, sur les doctrines physiques et mécaniques de l'École péripatéticienne où l'astronomie fut enchâssée comme en un cercle de fer qu'il fallut briser pour lui rendre son essor. Si le système de Copernic est aujourd'hui plus qu'un mécanisme ajouté à ceux de Philolaus, d'Eudoxe, d'Héraclide du Pont, d'Aristarque de Samos, d'Hipparque et de Ptolémée, ce n'est pas uniquement à sa simplicité plus grande qu'il le doit, c'est surtout à la création d'une dynamique nouvelle, que de longs efforts ont élevée sur les ruines de celle d'Aristote, et à la fusion, en une même doctrine, de la mécanique sublunaire et de la mécanique céleste. L'étude de la physique et de la dynamique des anciens est donc parfaitement à sa place dans l'ouvrage de M. Duhem, et nous attendons de lui qu'il achève de nous faire assister à leurs transformations, à leur chute finale et à l'avènement laborieux des doctrines modernes.

En présentant, le 22 décembre dernier, à l'Académie des sciences le tome premier du *Système du Monde*, M. Duhem a tracé une esquisse du programme qui y est développé : nous ne pouvons mieux faire, pour suppléer aux lacunes de ce compte rendu, que de reproduire cette lettre (1).

(1) Comptes Rendus, t. 157, n° 26, p. 1494.

« L'objet de cet Ouvrage est de retracer l'état des principes généraux de l'Astronomie, de la Dynamique, de la Physique au moment où s'est produite, vers le milieu du XVIe siècle et au commencement du XVIIe siècle, l'œuvre des créateurs de la Science moderne ; de dire, surtout, comment ces principes avaient atteint le degré de développement où nous les voyons alors.

» Mais lorsqu'il s'agit de retracer une genèse, on ne sait où prendre le commencement, puisque ce qui se fait à un moment dépend toujours de ce qui était auparavant. C'est donc un peu arbitrairement que nous avons décidé de commencer cette histoire à Platon, le premier physicien grec dont nous possédions des œuvres authentiques et étendues. Toutefois, Platon lui-même n'eût pas été pleinement compris si nous n'avions repris notre exposé de plus haut et si nous n'avions reproduit ce qu'on sait de l'*Astronomie pythagoricienne* et, en particulier, du système de Philolaus.

» Le Timée, la République, les Lois, l'Épinomide permettent de reconstituer, en grande partie, la *Cosmologie de Platon* et de ses disciples immédiats. Les enseignements de Platon, échos probables des dogmes pythagoriciens, ont fourni le principe de l'*Astronomie des sphères homocentriques*, développée par Eudoxe et par Calippe, et sur laquelle s'est exercée avec tant de fruit la sagacité de Paul Tannery et de Giovanni Schiaparelli.

» Aristote a enchâssé la théorie des sphères homocentriques dans son système de physique. Nous nous sommes attaché à mettre en évidence la puissante structure logique de cette *Physique d'Aristote* qui devait exercer un si durable empire.

» Mais la pensée hellénique ne s'est pas arrêtée après avoir produit le système d'Aristote. Nous avons retracé, d'abord, ce que les divers représentants du Stoïcisme et du Néo-platonisme avaient enseigné touchant *le temps*, *le lieu* et *le vide*. Parmi les problèmes qu'ils ont agités, il en est plusieurs qui préoccupent encore aujourd'hui mécaniciens et philosophes, et nombre de solutions proposées de nos jours se rapprochent fort de celles que l'Antiquité avait déjà aperçues.

» La *Dynamique des Hellènes après Aristote* nous montre, aux prises, deux partis. D'un côté, les Péripatéticiens intransigeants continuent de regarder le mouvement dans un espace vide comme une absurdité et d'admettre que l'air ébranlé permet seul à la flèche de se mouvoir après qu'elle a quitté la corde de l'arc. D'un autre côté, Jean Philopon, pour justifier

la possibilité du mouvement dans le vide, est conduit à préciser la distinction du poids-force et du poids-masse ; il enseigne que le mouvement du projectile est maintenu par une *énergie cinétique* (c'est le terme dont il fait usage) qu'y a mise l'instrument balistique.

» L'astronomie des sphères homocentriques était impropre à sauver les phénomènes constatés par les observateurs. A cette astronomie, se substituent diverses *astronomies héliocentriques*. Les unes telles que le système d'Héraclide du Pont, tout en laissant la Terre immobile au centre du Monde du Soleil, font tourner, autour du Soleil, Mercure, Vénus et, peut-être, les autres planètes ; elles ébauchent le système de Tycho Brahe. Les autres, professées peut-être par Héraclide et, à coup sûr, par Aristarque de Samos, font tourner la Terre et les autres planètes autour du Soleil ; elles esquissent le système de Copernic.

» Les astronomies héliocentriques ne parviennent pas à se développer ou ne se développent qu'en se transformant. Elles cèdent le pas à l'*Astronomie des excentriques et des épicycles*, gloire d'Apollonius, d'Hipparque et de Ptolémée. Nous avons retracé les hypothèses de G. Schiaparelli et de P. Tannery sur la genèse de cette astronomie et décrit, d'après l'*Almageste*, la forme définitive qu'elle avait prise.

» Tel est, en peu de mots, le programme du volume que nous avons l'honneur d'offrir à l'Académie. L'histoire de la Cosmologie hellénique n'est pas épuisée, loin de là. Les notions acquises par les anciens sur les dimensions du monde, la théorie de la précession des équinoxes, celle des marées trouveront place dans un second volume. »

Ajoutons que la composition matérielle du livre ne laisse rien à désirer et fait grand honneur aux éditeurs. Une table des auteurs cités termine le volume dont elle fait un instrument de travail d'un maniement facile.

J. Thirion, S. J.

VIII

Catalogue des tremblements de terre signalés en Chine, d'après les sources chinoises (1767 avant J.-C.-1893 après J.-C.), par Pierre Hoang. Livre second. Un volume de xxvii-423 pages, avec carte sismique et nombreux diagrammes (139). — Changhai, Impr. de Zikawei, Mission Catholique, 1913.

L'histoire sismique de la Chine doit beaucoup à l'infatigable travailleur que fut le savant chinois P. Hoang, prêtre séculier du diocèse de Nankin, et qui mourut jésuite. Le travail projeté en 1906 a été livré en deux parties. En 1909, paraissait dans les *Variétés sinologiques* le premier livre, espèce de table géographique. En 1913 enfin le sinologue espagnol J. Tobar, S. J. et le sismologue français H. Gauthier, S. J. donnaient l'œuvre posthume refondue et complétée.

On est émerveillé devant l'effort que suppose ce volume bourré de chiffres et de références. Trois cent quatre-vingt onze ouvrages chinois ont été consultés, dépouillés, comparés ; la liste qui ouvre le catalogue s'étend le long de 40 pages serrées. Biot, avec son catalogue général des tremblements de terre et soulèvements de montagnes observés en Chine (1841) ; Gaubil, S. J. dans son Traité d'Astronomie chinoise ; le professeur japonais F. Omori, dans ses tremblements de terre en Chine (1899) ; E. H. Parker, list of Chinese Earthquakes (1909) ; les Publications de Shide, sous la direction du Prof. Dr J. Milne, sont également cités au cours de l'ouvrage ; et quand le P. Hoang s'écarte de la date adoptée par les auteurs mentionnés, il l'indique par les abréviations B*, O*, P*, Sh*.

A la fin de sa conférence *Ueber die geographische Verteilung der Weltbeben*, au XIe Congrès géologique international, le Prof. E. Rudolph adressait de flatteuses invites aux jésuites français directeurs des observatoires de Zikawei, Zocé, Loukapang, en Chine, pour les presser d'achever la réunion des documents nécessaires à l'histoire sismique de la Chine. Rien n'a été négligé, semble-t-il, pour que de ces recherches patientes et consciencieuses, jaillisse une lumière nouvelle sur les études géologiques et sismologiques.

Dans l'introduction (I-XXVII) quelques conclusions générales sont d'un intérêt singulier, surtout si l'on songe « aux onze millions de kilomètres carrés qui forment le territoire de la Chine, et aux trente-sept siècles sur lesquels se répartissent les quelque trois mille mentions recueillies ».

I. *Répartition saisonnière des tremblements comparée à la pluviosité.* On paraît avoir accordé beaucoup d'importance, ces dernières années, à la répartition saisonnière ou mensuelle des tremblements de terre comparée à celle de la précipitation dans les mêmes régions. L'existence de cette période annuelle ne semble pas démontrée, pour la Chine entière. Pour le nord, le sud et le centre pris à part, il ne semble pas non plus qu'on puisse rien tirer des comparaisons possibles.

II. *Pluviosité et sismicité comparées de ville à ville.* Ce n'est évidemment pas d'après les délimitations politiques qu'il faut répartir les observations enregistrées ; de plus, après les travaux des Supian, Passerat, Woeikoff et autres, on sait que la division de la Chine en régions méridionale, centrale et septentrionale n'est pas celle qui correspond le mieux aux études régionales, mais qu'en réalité les choses se passent d'une façon beaucoup moins simple, et que même « dans les seules régions soumises aux pluies de mousson, on rencontre toutes les variétés de régime, depuis les chutes de toute l'année, qui caractérisent le S.-E. de la Chine, jusqu'aux sécheresses permanentes de la Mongolie intérieure. De plus, il faut discerner — dans ce domaine de la mousson du S.-E. venant du Pacifique, qu'est l'Asie orientale, de l'Indo-Chine à la Sibérie — quatre zones assez distinctes » : la première de l'Annam au Japon (8 mois de pluies de mousson), la seconde (5 à 8 mois) de la Cochinchine à Saghalien par le Sechwan et le Shantung ; la troisième (4 mois) de l'ouest du Sechwan à la mer d'Okhotsk ; la quatrième (3 mois et moins) comprenant le Tibet oriental, le Kansu et l'Ordos. Abandonnant donc les comparaisons régionales, et examinant seulement « des villes de même zone pluvieuse et les comparant soit à elles-mêmes soit entre elles, y a-t-il quelque air de famille entre les courbes de leur pluviosité et de leur sismicité ? »

Impossible de conclure. Non seulement l'allure des diagrammes est assez dissemblable pour la pluie, mais il n'y a aucun accord entre eux et ceux de la fréquence des séismes. C'est peut-être faute d'un nombre suffisant de documents. La chose est fort possible, mais c'est irrémédiable ; donc *pour la Chine résultat négatif.*

III. *Périodicité multiséculaire.* Une première inspection des listes dressées amène immédiatement l'idée de trois séries chacune de 633 années. Mais il ne s'agit pas ici d'une périodicité proprement dite, reproduisant les mêmes variations de fréquence à des intervalles de temps égaux et par suite fournissant une base aux pronostics sur la réapparition de nouvelles secousses.

De l'an	1 à	633 il y a pour toute la Chine		413 cas
»	633 à	1266	»	375 cas
»	1266 à	1899	»	2935 cas

D'où provient l'accalmie pendant l'époque moyenne ? Sur 19 provinces, 11 manifestent à l'évidence l'anomalie signalée. En pointant siècle par siècle les enregistrements respectifs, pour les

19 provinces, l'on s'aperçoit qu'ils indiquent les migrations du pouvoir central. La Cour chinoise a fixé sa capitale, pour différentes raisons politiques, un peu aux quatre coins de l'Empire, au Shensi, au Chékiang, au Chihli, au Sechwan. Eh bien ! on constate que les scribes se sont montrés plus assidus à enregistrer les séismes dans les provinces où réside la Cour que dans les autres régions du pays.

Malgré tout, il faut reconnaître dans l'histoire sismique de la Chine, une époque d'accalmie entre deux autres époques d'activité plus grande ; l'époque actuelle en particulier ne serait pas une passe de recrudescence. Car, si l'on examine les chiffres des provinces restées le plus constamment dans un état de culture intellectuelle supérieure à la moyenne et sur lesquelles on peut s'appuyer plus sûrement, on voit la loi périodique s'y accuser très nettement : alternance de 633 années plus inquiètes et de 633 années plus calmes servant de prodrome à une durée de 633 autres années fort bouleversées.

IV. *Périodes de 422 mois.* Dans ses travaux sur les taches solaires, le Dr Lockyer a étudié des périodes déterminées. S'inspirant de cette méthode, le P. H. Gauthier divise chaque groupe de 633 années en 18 séries de 35 années et 2 mois chacune, soit 422 mois. Le résultat est assez curieux. Chaque durée de 633 années se divise en deux périodes inégales de recrudescences plus ou moins appréciables séparées par une petite accalmie. Dans chaque cycle de 633 années, c'est la seconde recrudescence qui est la plus fortement accentuée, comme elle est aussi la plus prolongée ; les minimums qui la limitent ont constamment $10 \times 35 = 350$ ans d'intervalle, tandis que ceux qui délimitent la première ont, avec non moins de régularité, $5 \times 35 = 175$ ans d'intervalle.

Vagues sismiques. Les termes imprécis d'alternances ou de périodes de recrudescence peuvent être appelés provisoirement *vagues sismiques.* Pour les années voisines de 46 à 141, de 212 à 247, de 704 à 809, de 1267 à 1340, de 1442 à 1668, elles semblent se comporter assez bien comme des arrivées d'ondes successives de différente importance. Cette vue peut être soumise à l'épreuve d'une étude comparée avec les catalogues sismiques des autres régions du globe.

L'on se trouve en présence, semble-t-il, d'une loi — universelle au moins en Extrême-Orient — qui peut se formuler en trois propositions :

a) *Loi de décalage général dans la progression de la vague*

sismique. — Dans la progression générale des recrudescences plus ou moins périodiques d'activité sismique, les différentes régions qui la subissent ne sont pas ébranlées en même temps ; il semble qu'il y ait même contre-partie ou alternance, en tout cas succession, dans la manifestation des études géodynamiques. Il y a une sorte de décalage dans la durée, pour les séries de troubles sismiques un peu prolongés, dans les diverses régions ébranlées.

b) *Loi des échos persistants au milieu d'une même vague sismique.* — Au milieu même d'une période d'accès général où les secousses sont plus fréquentes ou plus violentes, cette loi d'alternance est respectée. En sorte que, si, comme en 1640, par exemple, après le décalage auquel il est fait allusion plus haut, les trois pays du Japon, de la Chine et de la Corée, arrivent à se trouver simultanément dans une ère d'activité plus marquée, leurs ébranlements respectifs seront plus fréquents, mais continueront à suivre la loi d'alternance.

c) *Loi des états correspondants.* — Les lois de fréquence alternante ainsi formulées restent fonction de la sismicité propre et caractéristique de chaque région. Cette restriction est essentielle. Les savants japonais ne mentionnent dans leurs catalogues que les secousses destructives ; chroniques chinoises et listes coréennes ont empilé toute espèce de soubresauts. De même qu'il y a des orages électriques et des orages magnétiques, il peut être question, au moins d'une manière figurée, d'orages sismiques, ou de périodes sismiques plus ou moins orageuses. Mais pour pouvoir affirmer que la saison a été plus ou moins orageuse que d'habitude, ici ou là, on est forcé de réduire à une somme commune les résultats enregistrés, en tenant compte des caractères propres de la nomenclature des divers pays.

VI. *Tremblements de terre et phénomènes orogéniques.* — Si dans une région donnée, une série de tremblements de terre se succèdent, les foyers de secousse adoptent de préférence les lignes de dislocation préexistantes. Cette remarque est classique ; la Chine suit la règle générale. *Les mentions de secousses s'accumulent dans les villes voisines des grandes lignes de relief.* « Pour répondre aux questions suggérées par les magnifiques synthèses de Suess et de Richtofen, il faudrait ajouter à ces résultats pour la Chine, l'étude parallèle de ce qui s'est passé sur le prolongement du système séismotectonique des Altaïdes orientales à travers l'Indo-Chine, la presqu'île malaise, Sumatra, les Philippines et peut-être Formose et l'arc de Lieou-Kieou ; il y

aurait lieu aussi de chercher si l'on ne pourrait pas dans la ligne également arquée des volcans, qui, par les Pelew, les Mariannes et les Bonin, rejoint le Japon et la grande fosse du Tuscarora, retrouver les traces de terres submergées, rattachées au continent Sino-Sibérien, c'est-à-dire à l'Eurasie. »

La sismologie est-elle capable d'amener à de telles conclusions ? Puisse cette étude, groupant un ensemble de documents que l'on peut appeler unique, contribuer à entretenir le zèle des chercheurs dans une voie nouvelle ouverte à la géologie !

L. V. H.

IX

Annuaire pour l'an 1914, publié par le Bureau des Longitudes. Un vol. in-16 de 700 pp. — Paris, Gauthier-Villars.

Ce recueil, le 121me de la collection, a été cette année entièrement remis à jour en ce qui concerne les tableaux relatifs à la physique et à la chimie.

Ce petit annuaire de format commode dispensera le technicien, le physicien, le mathématicien de feuilleter laborieusement les grands recueils spéciaux chaque fois qu'ils auront besoin d'avoir sous les yeux la liste des constantes usuelles. Ils y liront aussi avec grand intérêt les notices scientifiques de cette année : celle de M. Bigourdan, *Le jour et ses divisions : Les fuseaux horaires et la conférence internationale de l'heure* ; celle de M. P. Hatt, *De la déformation des images par les lunettes* ; celle de M. B. Baillaud, *Notice sur la 17e conférence générale de l'Association géodésique internationale*.

Toutes les personnes qui s'intéressent aux études scientifiques et lisent habituellement les revues de vulgarisation, devraient posséder et consulter cet Annuaire. Les tableaux et les notices substantielles et claires qui exposent l'essentiel des principales questions constituant l'information scientifique générale leur seront de la plus grande utilité. Parmi les notices explicatives nouvelles ou remaniées, signalons comme très intéressante celle de M. Amagat sur l'*Équation d'état, le point critique et les états correspondants pour les fluides*, et comme très lumineuse celle de M. Bigourdan sur la *Sismologie*.

Nous nous demandons en vain pourquoi, p. 84, on a préféré à la mesure en ascensions droites la mesure en degrés de la coordonnée horaire des radiants d'étoiles filantes.

D. T.

X

Cours de Physique générale à l'usage des candidats au certificat général, au diplôme d'ingénieur-électricien et à l'agrégation des sciences physiques. *Leçons professées à la Faculté des sciences de l'Université de Lille*, par H. Ollivier. Tome I. Unités. Gravitation. Électricité et Magnétisme. Ions et Électrons. Symétries. Un vol. in-8° de 716 pages, avec 370 figures dans le texte et deux planches hors texte. — Paris, A. Hermann et fils, 1913.

Nous avons rendu compte, dans la livraison d'avril 1913, page 627, du tome II du *Cours de Physique générale* de M. Ollivier, paru le premier. Rappelons que cet ouvrage reproduit, avec quelques modifications, un cours de licence professé à la Faculté des sciences de Lille, en 1910-1911 et en 1911-1912. Les candidats au certificat de physique générale y trouveront un exposé de lecture facile, à la fois très concis et très net, de l'ensemble de leur programme. C'est pour eux que le livre a été spécialement écrit ou, plus généralement, pour les étudiants, possédant les éléments du calcul différentiel, du calcul intégral et d'un peu de mécanique, et qui désirent s'initier aux conquêtes les plus récentes de la physique. La place importante accordée aux questions d'ordre pratique rendra ce cours très utile aux futurs ingénieurs-électriciens; les candidats à l'agrégation des sciences physiques y trouveront maintes questions de leur programme traitées avec une parfaite rigueur, et les professeurs eux-mêmes accueilleront avec faveur ce résumé précis et utilisable des données fondamentales de leur enseignement.

L'histoire de la science tient très peu de place dans l'ouvrage de M. Ollivier, et les développements mathématiques y jouent le rôle qui leur revient, celui d'auxiliaire, sans jamais devenir encombrant. Parfaitement documenté, tout en restant très bref, le cours du Professeur de Lille se recommande surtout par le choix judicieux des matières et les qualités maîtresses d'une exposition à la fois très claire et très précise.

Voici un court aperçu de la table des matières du premier volume :

Chapitre préliminaire. — Grandeurs mesurables et non mesurables. Unités géométriques et mécaniques. Unités électriques. Échelles de température. (1-15).

Première partie. *Attraction universelle. Gravitation.* Loi de Newton. Potentiel newtonien, scalaire. Notation vectorielle et potentiel-vecteur (notions sommaires). Étude du champ newtonien à la surface de la Terre. La pesanteur. (17-63).

Deuxième partie. *Électrostatique.* Masses électriques. Champ électrostatique. Équilibre électrique des corps conducteurs. Distribution de l'électricité à la surface des conducteurs. Condensateurs. Énergie électrostatique. Électromètres. Diélectriques parfaits. Diélectriques réels. (66-178).

Troisième partie. *Magnétisme.* Moments magnétiques. Champ magnétique. Actions exercées et actions subies par un petit aimant. Champs uniformes. Aimants permanents. Mesures. Ferromagnétisme. Cas où le champ démagnétisant est négligeable. Ferromagnétisme. Rôle du champ démagnétisant. Diamagnétisme et paramagnétisme. Feuillets magnétiques. (179-252).

Quatrième partie. *Courants électriques.* Généralités. Électromagnétisme. Galvanomètres. Électrodynamique. Énergie des courants et des aimants. Induction électromagnétique. Mesure des résistances en valeur absolue. Rapport des unités. Mesures diverses. Courants alternatifs. Champs magnétiques tournants. Transformateurs. Courants induits continus. Piles électriques. (252-516).

Cinquième partie. *L'électron et les ions.* Les granules d'électricité. Décharges électriques à travers les gaz. Rayons cathodiques. Afflux cathodique et rayons positifs. Rayons X. Corps radioactifs. Propriétés des gaz ionisés. Causes d'ionisation. Théories électroniques. Additions diverses aux chapitres des cinq premières parties. (517-672).

Sixième partie. *Symétrie des systèmes limités et phénomènes.* Lois générales. Groupes et intergroupes. Symétrie caractéristique d'un phénomène. Symétrie des molécules et des édifices moléculaires. (673-698).

N. N.

XI

Cours de Physique professé à la Faculté des sciences de Nancy, par E. Rothé, professeur de physique à la Faculté des sciences de Nancy, directeur de l'Institut aérodynamique. Première partie, à l'usage des étudiants de licence et des instituts techniques. *Généralités. Unités. Similitude. Mesures.* Un vol. in-8° de VI-184 pp., avec 77 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1914.

Le *Cours de Physique* de M. Rothé comprendra trois parties formant trois volumes qui se vendront séparément. La première partie, la seule qui ait paru jusqu'ici, est une introduction au cours proprement dit de la Faculté : elle s'adresse aux étudiants en possession des éléments de la physique et qui se préparent aux études supérieures de la licence ou des instituts

techniques, à ceux-là, en particulier, qui devront se livrer plus tard à des recherches aérologiques.

Cette première partie comprend deux livres : dans le premier consacré aux mesures, l'auteur insiste sur les changements d'unités, sur la similitude en physique et sur la méthode des modèles réduits, que l'aviation a remis en honneur.

La seconde partie est relative à la statique des fluides et à ses applications : mesures des densités, des masses volumiques, des pressions au sein des liquides, de la pression des gaz, de la vitesse des courants d'air et de leur débit, applications portant sur les mesures fondamentales des laboratoires d'aérodynamique et qui donnent au livre de M. Rothé un mérite spécial, celui de l'actualité.

L. H.

XII

Les machines a vapeur, par le Commandant F. Cordier (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de mécanique appliquée* de l'*Encyclopédie scientifique*). Un vol. in-18 jésus de 398 pages, avec 123 fig. dans le texte. — Paris, Doin, 1914.

Les deux autres volumes qui, dans la même collection, portent la signature du commandant (aujourd'hui lieutenant-colonel) Cordier, et qui sont consacrés, l'un, aux *Chaudières et condenseurs*, l'autre, aux *Turbines à vapeur* (1), ont déjà été pour cet officier l'occasion de s'affirmer comme un technicien des plus distingués, possédant à la fois une érudition très complète et très sûre des choses dont il parle et un remarquable talent d'exposition. Le nouveau volume qu'il vient de faire paraître n'est pas fait, certes, pour atténuer cette impression.

Si vaste est ce sujet des machines à vapeur prises en général, que ceux qui s'en sont tant soit peu occupés n'ont pas de mal à se rendre compte de l'extrême difficulté qu'il y a à en donner un exposé contenant tout ce qui peut être regardé comme essentiel et qui tienne en moins de quatre cents pages de petit format. Le lieutenant-colonel Cordier y a si bien réussi que nous serions presque tenté de dire qu'en ce faisant il a réalisé un tour de force.

(1) Voir les comptes rendus de ces deux ouvrages dans la Revue : livraison d'avril 1910 (p. 663) et d'avril 1911 (p. 661).

Quoi qu'il en soit, nous croyons, de très bonne foi, qu'il n'existe pas sur la matière un autre traité si riche en enseignements de toute sorte sous un si mince volume, et nous n'hésitons pas à penser que, quitte à se reporter à des ouvrages spéciaux pour les détails relatifs à tel ou tel point particulier, on ne saurait, pour une étude d'ensemble, trouver de meilleur guide que celui-ci, tant au point de vue théorique qu'au point de vue purement technique.

Le chapitre I renferme le rappel, sous une forme très nette encore bien que très sommaire, des notions indispensables de thermodynamique et des propriétés fondamentales de la vapeur d'eau sur lesquelles est fondée toute la théorie des machines à vapeur. Il est suivi, au chapitre II, d'un historique sommaire de la machine à vapeur, précisant l'origine de ses principales dispositions, indiquant les phases successives de son évolution, faisant apparaître les diverses caractéristiques qui interviennent dans la spécification des machines à vapeur et qui se rapportent à la disposition et au nombre des cylindres, à la puissance, à la nature et à la pression de la vapeur consommée, à la manière dont elle est utilisée, à la vitesse de l'arbre moteur, enfin à la nature de l'organe de distribution, du mode de commande et du régulateur de vitesse.

A la suite de ces généralités, qui fixent en quelque sorte les grands traits du sujet à développer, s'ouvre l'étude générale des machines *au point de vue thermique*, ou, si l'on veut, au point de vue des sources de l'énergie.

Le chapitre III est tout d'abord consacré au cycle décrit par la vapeur. L'auteur commence par étudier le cycle théorique qui sert de terme de comparaison entre les cycles pratiques et qui est connu sous le nom de *cycle de Rankine* ; puis, il analyse très soigneusement les diverses circonstances qui interviennent pour provoquer des écarts entre ce cycle théorique et les cycles pratiques (détente incomplète ; influence de l'espace libre ; laminage de vapeur), examinant spécialement l'action des parois qui met en évidence l'influence des enveloppes de vapeur, l'utilité de la surchauffe, les avantages de l'emploi des détentes étagées.

Ayant, en deux courts chapitres (IV et V) établi la formule du travail indiqué théorique et passé en revue les diverses pertes d'énergie, thermique et mécanique, inévitables dans les machines à vapeur, il aborde, au chapitre VI, l'étude du fonctionnement thermique des machines polycylindriques, s'éten-

dant particulièrement sur le compoundage dont il fait très nettement ressortir les avantages surtout pour les applications où le régime de charge est peu variable.

Le chapitre VII fournit quelques indications succinctes sur les machines utilisant des vapeurs autres que la vapeur d'eau.

Suit l'étude générale des machines *au point de vue mécanique*, qui s'ouvre, avec le chapitre VIII, par celle de la distribution de la vapeur au moyen des principaux dispositifs rentrant dans les catégories suivantes : tiroirs simples, tiroirs superposés, obturateurs genre Corliss, soupapes, pistons-valves, soupapes-pistons, obturateurs élastiques.

Le chapitre IX est consacré aux réactions mécaniques dans les machines en mouvement, en commençant par celles qui naissent dans la transmission du mouvement du piston à l'arbre moteur. L'auteur détermine les forces d'inertie du mécanisme et les réactions du bâti et en tire des conclusions relativement à l'équilibrage, c'est-à-dire au choix des dispositions spéciales destinées à résister à tous les efforts, autres que l'effort moteur proprement dit, résultant des mouvements que prennent les divers organes de la machine.

La régularisation du mouvement de l'arbre moteur fait l'objet du chapitre X, très développé, dans lequel l'auteur, à la suite de généralités sur le rôle des régulateurs, sur les qualités qu'ils doivent offrir, présente une étude assez détaillée des principaux types de régulateurs à force centrifuge, puis des régulateurs d'inertie et du volant, traitant même à part, de façon sommaire, l'importante question de la régulation des groupes électrogènes.

Dans le chapitre XI, il fournit une esquisse des dispositions générales des machines selon qu'elles sont à faible, moyenne ou grande vitesse, ou encore destinées à des usages spéciaux (locomobiles ou semi-fixes ; machines élévatoires ; machines soufflantes ; compresseurs ; machines de laminoirs ; locomotives ; machines marines), renvoyant pour les détails, particulièrement en ce qui concerne ces deux dernières catégories, à d'autres volumes de l'*Encyclopédie* (1). Il aborde également les généralités relatives aux groupes électrogènes, machines à contre-courant, machines à équicourant, et dit quelques mots de l'utilisation de la vapeur d'échappement et de la vapeur incomplètement détendue pour les chauffages industriels.

(1) Voir dans la REVUE les comptes rendus des deux ouvrages : *Locomotives à vapeur*, par J. Nadal (livraison de janvier 1909, p. 286) et *Machines marines*, par P. Drosne (livraison d'avril 1910, p. 665).

Le reste de l'ouvrage est consacré aux essais des machines à vapeur. Après avoir, en deux courts chapitres (XII et XIII), défini les divers rendements d'une machine thermique et indiqué le moyen d'effectuer le tracé du diagramme pratique, l'auteur entre, au chapitre XIV, dans les détails que comportent les épreuves de fonctionnement et de rendement d'une machine donnée.

On pourra, par ce qui précède, se convaincre qu'aucune des questions de quelque importance relatives aux machines à vapeur n'a été négligée dans l'exposé très condensé du lieutenant-colonel Cordier ; mais ce n'est qu'en s'y reportant que l'on sera à même d'apprécier combien, dans sa concision, il est clair et facile à suivre.

PH. DU P.

XIII

LES APPRÊTS TEXTILES, par A. CHAPLET, ingénieur chimiste, ancien directeur d'Usines (*Encyclopédie industrielle* fondée par M.-C. Lechalas). Un volume in-8° de 360 pages, avec 68 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars.

L'apprêt est devenu une des spécialités les plus intéressantes et les plus importantes des industries textiles, et ses variétés actuellement appliquées sont extrêmement nombreuses. L'auteur les classe, d'après la nature de l'action exercée sur les matières traitées, en *apprêts mécaniques, apprêts couvrants, apprêts réagissants, apprêts désagrégeants*, embrassant ainsi l'ensemble de nos connaissances, du feutrage de la laine ou glaçage des faux-cols et du mercerisage des cotonnades à l'ignifugation des décors. Avec une science pratique consommée, il rapproche les nombreux procédés qu'il décrit, et les compare entre eux. Pour permettre aux industriels, auxquels son livre s'adresse, de compléter au besoin leur documentation, M. Chaplet groupe, à la fin de certains chapitres, tous les renseignements bibliographiques indispensables.

Voici le sommaire de la table des matières.

Préface. — CHAP. I. *Matières premières de l'apprêt. Les épaississants* : farines, amidons et fécules, amidons solubles et dextrines (gomméine, léiogomme, amidon grillé), gélatines, gommes et mucilages (gélose, norgine, algine, tragasol). *Les*

adoucissants : huiles, graisses, okocérites, paraffines, savons, cires, glycérine, caséine, glucose. *Sels et composés divers :* charges (kaolin, craie, sulfate de baryte), colorants pour azurage, sels hygrométriques et antiseptiques, imperméabilisants et ignifugants. — Chap. II. *Apprêts courants et apprêts mécaniques. Préparation et plaquage* des masses d'apprêt, foulards, pérotines, machines diverses à étaler l'apprêt, à humecter. *Rames* fixes et continues, rames par brisage et déraillage. *Machines* à ouvrir et à élargir. Machines à calandrer, à gaufrer, à similiser. Mangle, molette à glacer, maillocheuse. *Le séchage :* essorage (squeerer et centrifugeurs divers), hot-flue, sécheuses à tambours. *Parachèvement :* dérompage, tonte, épincetage, stoppage, doublage. — *Feutrage*, foulage, lainage. — Chap. III. *Apprêts réagissants et désagrégeants. Mercerisage* des écheveaux et des tissus, installations annexes. *Chlorage :* principe, pratique, application aux filés et à l'apprêt. *Secrétage :* composition des secrets, emploi, substituts des sels mercuriels. *Gazage :* fils et tissus, grillage, au charbon, au gaz, à l'électricité. *Épaillage :* matières désagrégeantes et leurs propriétés, traitements des laines en bourre, des pièces de tissus, des chiffons. — Chap. IV. *Apprêts spéciaux. Enduits plastiques :* simili-cuirs, toiles à reliure, pégamoïd et loreïd, toiles à calquer, tissus isolants, linoléum, tissus métallisés. *Imperméabilisation :* enduits au caoutchouc, aux huiles siccatives, aux paraffines, à la caséine et à la gélatine ; apprêts hydrofuges aux sels d'alumine, et aux savons de cuivre. *Apprêts ignifuges :* action ignifuge de divers sels ; recettes à base de composés ammoniacaux, de silicates, de borates, de sels d'étain, de tugstène, etc. — Chap. V. *Apprêts des cotonnades.* Propriétés du coton. Apprêts par tissus écrus (calicots, shirtings, etc.). Flanelles de coton (lainage, grattage, regitage). Pilous, oxfords, zéphirs, roannes, croisés, lustrines, indiennes. Broderies, dentelles, tulles, cotons à broder. Apprêts azurés et apprêts doux. Apprêts souples, fermes, glacés. Apprêts calandrés. Avivage des cotonnades teintes. Apprêts craquants. Charge des cotonnades. Apprêt des tissus de jute. Apprêts de blanchissage : machines à repasser, empesage. — Chap. VI. *Apprêt des lainages et des soieries.* Composition et propriétés des fibres. Ensimage des laines avant filature. Apprêt des lainages cardés et peignés. Décatissage, vaporisage, lustrage. Apprêts des articles d'Elbeuf. Apprêts drapés, débrouillés, rasés. Articles écossais, velours, cheviottes. Mousselines, tapis, pseudo-fourrures. Charge des soies, irisation et apprêts des soieries. — Chap. VII. *Apprêts*

spéciaux pour fils, ficelles, cordages. Parage et encollage des chaînes. Recettes de parements. Machines à encoller, parer, lustrer, brosser. Apprêt des cordes et câbles, goudronnage. — Index alphabétique.

L. H.

XIV

Savants du Jour. ALBIN HALLER. Biographie, bibliographie analytique des écrits, par ERNEST LEBON. Un vol. in-8° de IV-120 pages, avec un portrait en héliogravure. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

M. Ernest Lebon continue la série des intéressantes notices qu'il consacre aux *Savants du Jour*. Après celles de H. Poincaré, G. Darboux, Émile Picard, Paul Appell, G. Lippmann et Armand Gauthier, voici une très belle étude sur le chimiste Albin Haller.

En la présentant à l'Académie, le 8 décembre, 1913, M. Ch. Moureu la résumait ainsi :

« L'activité scientifique de notre éminent Confrère M. Albin Haller, est connue de tous. Depuis plus de 40 ans, il n'a cessé un seul jour, par ses recherches personnelles, par la plume ou par la parole, de travailler, avec le succès que vous savez, aux progrès de la Chimie et de ses applications. Ses études sur le camphre sont depuis longtemps classiques, et il en est de même de la découverte des acides méthiniques, si féconde au point de vue de l'évolution de nos idées sur la Fonction chimique. Ses travaux sur les phtaléines et les dérivés de l'anthracène ont grandement étendu nos connaissances dans le domaine des matières colorantes. Je rappellerai encore, notamment, la remarquable méthode d'alcoylation des cétones basée sur l'emploi de l'amidure de sodium.

» Personne n'ignore, d'autre part, ce que l'Industrie chimique française doit aux heureuses initiatives de M. Haller. Une large part lui revient légitimement dans l'alliance, qu'on voudrait encore plus étroite, entre la Science pure et la Science appliquée.

» Tout cela est évoqué avec un relief saisissant dans la brochure de M. Lebon. On y trouve aussi une étude fort suggestive du caractère de l'homme, à qui les dons de l'intelligence, alliés à de rares qualités d'énergie et de volonté tenace, devaient permettre de servir si brillamment la Science et son Pays. »

Le plus souvent, les ensembles d'écrits sur un même sujet sont précédés d'une analyse générale.

L'Auteur a signalé tous les écrits originaux. Ce n'est qu'après les avoir lus ou parcourus qu'il a donné les références et les renseignements qui s'y rapportent. On rendrait service à la Science en lui signalant les omissions.

Enfin il importe de faire remarquer que M. Albin Haller a bien voulu aider M. E. Lebon pour classer les Mémoires et les Notes et qu'il a lu et approuvé la dernière épreuve d'imprimerie de cet opuscule.

N. T.

XV

Notice sur Joseph-Marie De Tilly, membre de l'Académie, par Paul Mansion (Extrait de l'Annuaire de l'Académie royale de Belgique, quatre-vingtième année, 1914). Un vol. in-16 de 87 pages, avec portrait. — Bruxelles, Hayez, 1913.

A la mort du général De Tilly, M. Mansion a publié, dans cette Revue, une courte notice sur la carrière et les travaux de l'illustre défunt (1); dix ans plus tôt, il avait présenté à nos lecteurs, *les recherches de M. De Tilly en métagéométrie* (2).

Personne n'était mieux préparé que M. Mansion, le disciple et l'émule du mathématicien belge, son ami et le confident de ses pensées dans le domaine de la philosophie scientifique, à nous donner une analyse complète et définitive d'une œuvre très complexe, où la géométrie et la mécanique non euclidiennes occupent le premier plan. C'est ce qu'il a pleinement réalisé dans la notice que publie l'Académie royale. Voici un aperçu de la table des matières :

Introduction, 1837-1860. — I. 1858-1868, des *Recherches sur les éléments de Géométrie* aux *Études de Mécanique abstraite*. — II. 1868-1878, Travaux de De Tilly jusqu'à *l'Essai sur les principes fondamentaux de la Géométrie et de la Mécanique* (1878). Cours d'Artillerie ; balistique ; théorie des erreurs. Histoire des mathématiques en Belgique; eulériennes ; les constructions géométriques dans l'espace. — III. 1877-1889. De Tilly à l'arsenal de construction d'Anvers. Recherches sur les équations

(1) Revue des Quest. scient., 3e série, t. X, 20 octobre 1906, p. 353.
(2) Ibid., 2e série, t. VI, 20 avril, p. 584.

différentielles linéaires du second ordre; principes de la mécanique. — IV. 1889-1899. De Tilly, Commandant et Directeur des Études de l'École militaire. *L'essai de géométrie analytique générale.* — V. Destitution. Derniers travaux. Conclusion. « L'œuvre de De Tilly a-t-elle été appréciée dans son pays comme elle méritait de l'être ? Nous n'oserons l'affirmer : les savants (nous ne disons pas les géomètres) la trouvaient trop philosophique, les philosophes ne pouvaient la comprendre parce qu'elle était trop mathématique... Nous regardons les travaux de De Tilly, en géométrie et en mécanique non euclidiennes, ainsi que son étude sur le libre arbitre et le déterminisme, comme appartenant à la partie impérissable de la science. »

La *Liste chronologique des écrits de De Tilly* termine la notice. Elle comprend 125 références, la première de 1860 et la dernière de 1906. On y trouve l'analyse sommaire des mémoires dont il n'a pas été parlé dans la notice.

De Tilly est mort le 4 août 1906. « La veille, il avait reçu les derniers secours de la religion qu'il avait toujours pratiquée sans bravade et sans peur. »

Membre de la Société scientifique depuis l'origine, De Tilly fut à plusieurs reprises président de la première section, deux fois vice-président de la Société et président en 1905-1906.

J. T.

XVI

Le Père Joseph-Marie-Martin Van den Gheyn, S. J. *Notice bio-bibliographique*, par F. Van Ortroy. Un vol. in-8° de 77 pp., avec portrait (extrait des Annales de l'Académie royale d'Archéologie de Belgique). — Anvers, Van Hille et Marien, 1914.

Nous signalons volontiers aux amis du P. Van den Gheyn, S. J. la notice que notre collègue, M. Van Ortroy, professeur à l'Université de Gand, vient de consacrer à notre regretté collaborateur (1). La bibliographie qui l'accompagne ne comprend pas moins de 60 pages. Dressée de main d'ouvrier, sur les ouvrages mêmes et les articles qu'elle renseigne, elle est très complète,

(1) Voir la notice publiée par le P. P. Peeters dans la Revue des Quest. scient., 3e série, t. XXIII, avril 1913, p. 390.

d'une exactitude minutieuse et rendue plus précieuse encore par les renseignements dont M. Van Ortroy l'enrichit.

Le P. Van den Gheyn a collaboré à une soixantaine de recueils ou de publications périodiques ; mais « il n'est pas exagéré de dire, écrit M. Van Ortroy, que le meilleur de lui-même, le P. Van den Gheyn le donna à la Société scientifique, à laquelle il appartenait de corps et d'âme. Il fut l'un des survivants de la pléïade admirable qui imprima le plus vigoureux élan à cette compagnie. Pendant le long cycle de vingt-huit ans, soit de 1883 à 1911, sa collaboration aux travaux de la Société scientifique (ANNALES et particulièrement REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES) a été des plus actives et des plus précieuses. »

J. T.

XVII

QUE DEVIENDRONS-NOUS APRÈS LA MORT ? par l'abbé TH. MOREUX, directeur de l'Observatoire de Bourges. In-12 de 320 pp. ; 1914. — Paris, Scientifica.

Dans ce volume, l'auteur cherche à rattacher les données et les lois du monde physique aux lois d'ordre métaphysique auxquelles elles confinent, ainsi qu'il résulte des découvertes les plus récentes ; et les unes et les autres, dans la mesure du possible, aux vérités d'ordre surnaturel. En tous cas, une réfutation tout ensemble scientifique et philosophique est opposée victorieusement à toutes les objections que peuvent imaginer l'incrédulité et la soi-disant « libre-pensée » (1).

Dans cette œuvre apologétique de forme nouvelle, M. l'abbé Moreux tire grand parti des géométries non-euclidiennes et notamment de l'hyperespace ; de la nouvelle conception de l'éther considéré comme ne possédant ni masse, ni densité et ne pouvant se déformer ; de l'extrême divisibilité — et partant de l'extrême multiplicité — de la matière. Il déploie un vrai talent

(1) Je dis à dessein : *soi-disant* libre-pensée, attendu que rien n'est moins libre de préjugés et surtout de parti-pris, que l'École qui se pare de ce titre. On sait que sa méthode consiste à nier *a priori* ce qu'elle ne voit pas ou ce qui ne lui plaît pas ; après quoi, appuyée sur cette négation érigée en dogme philosophique, elle repousse sans plus d'examen toute preuve même matérielle et toute démonstration. C'est ce qui s'appelle, comme l'a dit, je crois, Paul Janet, « fermer les yeux pour y mieux voir ».

d'exposition pour amener les esprits non suffisamment préparés à faire le départ entre la pensée proprement dite et l'imagination et à concevoir rationnellement la possibilité d'espaces supérieurs ou étrangers à notre espace à trois dimensions, et complétant celui-ci.

Pour donner une idée — non pas une image — du degré de divisibilité auquel les récents travaux des physiciens ont amené la matière, l'exemple est pris dans un atome d'hydrogène, le plus léger des corps connus. Cet atome comprend d'abord un corpuscule principal électrisé positivement et centre de deux mille autres corpuscules, incomparablement plus petits et électrisés négativement, appelés *électrons*. On admet que la différence des dimensions entre le corpuscule central et ceux qui l'entourent serait proportionnellement comparable à la différence entre les dimensions de notre Soleil et celles des planètes qui lui font cortège. Or, les électrons, cortège du corpuscule central, graviteraient autour de lui à raison de 600 *sextillions* à 1 septillion de tours par seconde. Dans cet ordre des infiniment petits, les merveilles et les nombres fantastiques ne sont pas inférieurs aux nombres et aux merveilles du monde des infiniment grands ou monde astronomique.

Dans ses développements, l'auteur signale telle combinaison chimique, tel phénomène de l'ordre infinitésimal, qui, inexplicables dans les conditions de notre espace euclidien, trouveraient une interprétation plausible et naturelle dès qu'on recourt à l'existence d'une quatrième dimension de l'espace.

Un des caractères de la matière, on l'a vu plus haut, est l'extrême multiplicité. Celui de masse en est un autre, et la masse est déterminée par la tendance de tous les corps à gagner le centre de la Terre. Mais considérée dans une particule aussi intime que l'électron, la masse serait entièrement due au déplacement du dit électron, du moins selon toute probabilité. D'où l'on est amené à conclure que le mouvement serait inhérent à la matière, et à abandonner, au moins dans sa première partie, la définition de l'inertie telle que l'a donnée Galilée.

Par des considérations qui ne sauraient trouver place ici et parmi lesquelles entre la nouvelle conception de l'éther, l'auteur en vient à admettre que la dernière, l'ultime particule matérielle des corps est inétendue, en sorte qu'elle est indestructible, à moins d'une volonté expresse du Créateur.

Passant du monde inorganique au monde vivant, M. Moreux ne tarde pas à atteindre l'âme humaine qu'il étudie à un point

de vue tout à la fois scientifique et psychologique et où il montre que cette âme étant une substance simple et, en soi, parfaitement étrangère à la matière, n'a pas besoin pour vivre du concours du corps.

Quant au *devenir* de l'âme après la mort physique, l'auteur, pour le décrire, est obligé d'entrer dans le domaine théologique : il le fait toujours d'une manière rationnelle, établissant par une argumentation solide la très raisonnable et parfaite crédibilité due à nos dogmes. Il montre aussi combien est rationnelle et satisfaisante pour la raison l'identité des corps ressuscités.

Nous n'avons pu, dans cet exposé rapide, rendre évident le lien qui rattache à l'essence de la matière se réduisant à des forces, la nature immatérielle, composée elle aussi de forces, mais de forces vivantes, les unes simplement immatérielles, les autres étant, en plus, spirituelles, c'est-à-dire douées d'intelligence et de raison. Tout cela se suit et s'enchaîne dans le livre de M. Moreux qui se termine par un brillant et éloquent tableau de l'immortalité dans la résurrection.

C. DE KIRWAN.

XXVIII

ELEMENTA PHILOSOPHIÆ SCHOLASTICÆ auctore Dre SEB. REINSTADLER, in seminario Metensi quondam philosophiæ professore. Editio septima et octava ab auctore recognita. Duo volumina in-12 (XVLIII et 1052 pp.) M. 6.60 = Fr. 8,25 ; linteo religata M. 8 = Fr. 10.

Ce manuel résout élégamment un problème de maximum et de minimum : renfermer dans l'espace restreint de deux modestes in-12 un « corpus » complet de philosophie scolastique, depuis les « parva logicalia » jusqu'à l'Éthique Sociale. M. Reinstadler excelle à résumer et à condenser. En abeille diligente, il visite les fleurs, magnifiques ou modestes, du pré toujours verdoyant de la scolastique et de toutes rapporte le butin de la saine doctrine. Ses « Elementa » nous paraissent un idéal pour gens pressés, en quête de l'information sûre et rapide, esprits pratiques que les originaux rebutent par l'ampleur des proportions, effraient par l'aspect touffu des développements. Les séminaires et autres établissements d'instruction, où les jeunes clercs font en deux ans le périple de la « Philosophia perennis » ne sauraient,

parmi la végétation de plus en plus luxuriante des manuels, le foisonnement continu des sommes, thomistes ou autres, trouver un « text-book » mieux approprié à leurs besoins ou plus capable de rallier les suffrages des « tirones ». Le succès d'un manuel qui, en treize ans, a compté huit éditions ne saurait être sérieusement contesté.

Cette huitième édition dénote chez l'auteur le très louable souci de garder le contact avec le mouvement d'idées contemporain. Quelques paragraphes — dont certains terriblement sommaires — sont consacrés à l'étude du Néo-Criticisme, du Pragmatisme, du Transformisme logique, nous eussions préféré dire de l'Historicisme de la Vérité. En Ontologie, concernant la controverse qui sépare réalistes et conceptualistes, sur la distinction de l'essence et de l'existence créées, on aimerait voir adopter une position plus nette et plus tranchée (T. I, p. 296). M. Reinstadler court risque de déplaire également aux Thomistes et aux Suaréziens.

Est-il bien vrai que quelques-uns seulement « ex recentioribus Societatis Jesu scriptoribus » soient partisans de la distinction réelle ? Il n'est fait mention expresse que de Liberatore et Schiffini. Les « alii » qui leur sont très discrètement adjoints, ce sont, parmi les modernes : Cornoldi, de San, Terrien, de Maria, Remer, de Mandato, le cardinal Billot, Mattiussi, De Backer... ; parmi leurs prédécesseurs, signalons Pierre Fonseca, les Conimbricenses, Sylvestre Maurus, Pallavicini, qui optèrent tous pour une forme de distinction réelle.

En Cosmologie, la question toujours actuelle de l'objectivité des qualités sensibles est traitée avec un dosage tout aussi savant des probabilités et des certitudes. L'observation n'a rien d'un reproche. Il est bon de préserver l'esprit des débutants de ce dogmatisme niais et bon enfant qui l'empêche de douter là où le doute est sagesse. Somme toute, le manuel de M. Reinstadler nous a laissé l'impression d'un livre admirablement pratique, plus pratique toutefois qu'original. C'est trop exiger peut-être que de demander de l'originalité à un manuel, instrument d'assimilation prompte et aisée beaucoup plus que stimulant de progrès par la contradiction ou la hardiesse des vues. Les textes empruntés aux philosophes de langue allemande, Kant par exemple, sont la plupart du temps accompagnés de leur traduction française. De brèves notices, au bas des pages, fournissent des éclaircissements historiques sur la personne et l'œuvre des penseurs, mentionnés au cours des exposés doctri-

naux. Si l'on tient compte de la fin spéciale que l'auteur s'est proposée en composant cet ouvrage, fin qui ne va, ni à rendre les maîtres inutiles, ni à dispenser l'élève de l'effort personnel (Préface de la 1e édition), il est impossible de méconnaître les très réelles, les incontestables qualités pédagogiques de ces deux petits volumes.

J. F.

XIX

Dr Salvador Bové. Santo Tomas de Aquino y el Descenso del entendimiento. *Platon y Aristoteles harmonizados por el Beato Raimundo Lulio.* — E. Subirana, Edit. Barcelona, 1913.

Ce livre est un témoin, un peu prolixe mais éloquent, de l'attention sympathique dont bénéficie aujourd'hui en Catalogne la philosophie de Ramon Lull. Cette philosophie si décriée, sur laquelle nos contemporains répètent encore trop volontiers les jugements dédaigneusement sommaires de Descartes, de Bacon, de Feijoo et du P. Rapin, a trouvé un défenseur intrépide dans M. le Chanoine Salvador Bové, professeur de théologie morale au séminaire d'Urgel. Le présent ouvrage n'est pas le premier qu'il consacre au Lullisme, mais il en contient une interprétation indubitablement nouvelle et intéressante. D'après l'auteur, le problème central de la philosophie actuelle, celui qui est à l'avant-plan de ses préoccupations, le problème de la connaissance doit trouver sa solution dans la réconciliation du platonisme et de l'aristotélisme. Cette réconciliation a été essayée à plusieurs reprises, mais sans succès, entre autres par le Sévillan Fox Morcillo, et, avant lui, par les grands scolastiques du XIIIe siècle : Thomas d'Aquin et Duns Scot. Si ces derniers n'ont pas réussi à harmoniser pleinement l'idée et la forme, la synthèse et l'analyse, le savoir apriorique et l'expérience, c'est que tout en partant de la thèse traditionnelle qui veut que l'intelligence soit la part du divin en nous, ils n'ont pas su, comme Raymond Lulle, reconnaître la présence virtuelle dans cette faculté de ces concepts universalissimes, qui conviennent à la fois à Dieu et aux créatures : bonté, grandeur, éternité ou durée, pouvoir, etc. (p. 378 et suiv.); ils se sont exclusivement attachés aux attributs de l'être catégorial : genre, espèce, partie, tout, non-être, effet, etc. ou n'ont envisagé les attributs transcendants

de l'être, tels que ceux de substance, être, bonté, vérité, etc., que dans leur application au monde créé. Négligeant l'explication des choses par les raisons extrinsèques, ils ont porté toute leur attention sur les intrinsèques, suivant en cela le naturalisme aristotélicien qui s'en tient aux explications physico-intrinsèques du monde et ignore les divino-extrinsèques. En somme, M. Salvador Bové adresse à St Thomas, pour lequel il professe du reste un respect filial, le reproche que le platonisant Fox Morcillo adressait à Aristote, «qui propinquis cujusque rei causis contentus, reliqua fere neglexit » (p. 385). Et si le reproche ne concernait que le Philosophe de Stagire, nous n'aurions nulle peine à le croire mérité; mais St Thomas n'a-t-il pas, dans cette synthèse qu'est la Somme, admis plus d'un élément platonicien ? n'a-t-il pas subi profondément les influences du Pseudo-Denys et du Docteur d'Hippone, influences qui toutes deux devaient le disposer à élargir le naturalisme un peu court du Stagirite par la théorie des idées divines, qui sont bien des causes divino-extrinsèques du monde ?

Mais, où le distingué Professeur du séminaire d'Urgel nous paraît toucher du doigt la différence profonde du Lullisme et du Thomisme, c'est lorsqu'il observe, très justement à notre sens, que l'Aquinate a, beaucoup moins que le Philosophe Majorquin, souligné le caractère efficient des idées par rapport à l'essence des créatures.

Pour Raymond Lulle, toute essence créée est synthèse d'essences partielles dont chacune est une participation des attributs divins, entendez les attributs internes tant absolus que relatifs. L'âme humaine, par exemple, est une force résultant des essences partielles : bonté, grandeur, durée, pouvoir, etc.

On voit dès lors par où ce réalisme vigoureux, si conscient de la communauté de l'être, qu'on le dirait oublieux de son analogie, pourra servir d'appui à ce grand art qui se croyait en situation de résoudre par des combinaisons mécaniques de concepts les problèmes les plus hauts des sciences particulières. Que sont nos concepts sinon les doubles créés des idées divines ? Le Platon chrétien n'a-t-il pas dit : « Toute chose est créée deux fois ; une fois en elle-même, une fois dans les intelligences» (p. 325)? On nous dispensera d'entrer ici plus avant dans le détail de cet art qui est une véritable combinatoire, une sorte d'Algèbre logique opérant sur des attributs au lieu de lettres. Nous croyons que le côté purement mécanique de l'art Lullien a fait perdre de vue l'originalité de l'idée, dont il poursuivait la

réalisation. Les cercles, tourniquets et triangles du « Docteur Illuminé » ont été l'objet de plaisanteries aussi froides que faciles. Il eût été certes plus laborieux, partant plus méritoire, de dépouiller l'énorme littérature où le philosophe catalan nous a laissé ses idées philosophiques, ses hardiesses de théologien passionné, ses rêves de conquête apostolique et jusqu'à des lais d'amour d'un art tendre et subtil.

M. le Chanoine Bové, nous paraît l'homme tout désigné par sa connaissance du Lullisme pour nous donner un jour de cette philosophie un de ces exposés sûrs, substantiels et sommaires qu'affectionne notre époque, à la fois si universellement curieuse des formes de pensée abolies et si exigeante au point de vue de la célérité et de la sûreté des renseignements. L'homme moderne veut savoir vite et savoir bien. Je crains qu'il ne trouve un peu longues ces huit cents pages dont plusieurs expriment des vues neuves et originales. Nous signalons spécialement celles où l'auteur essaie de justifier la valeur que le Lullisme attribue à l'argument dit de convenance. Elles seront discutées, comme le Lullisme lui-même, mais cela même en prouverait au besoin l'intérêt.

François Jansen, S. J.

XX

The Philosophy of Nietzsche. *An Exposition and an Appreciation* by G. Chatterton Hill. Un vol. in-8° de 292 pp. — London, E. C. John Ouseley.

Nietzsche n'a pas systématisé sa doctrine. Il la débite en aphorismes, et c'est au lecteur qu'incombe la tâche de ramener au principe qui les concilie, ce fouillis de sentences paradoxales, souvent opposées en apparence. La lecture du livre de M. Chatterton dispense de cet effort fastidieux. Nous y trouvons une vue d'ensemble du nietzschéisme, claire et méthodique, presque un système. Il est regrettable que des redites trop fréquentes entravent la marche de l'exposition.

Après une courte biographie, l'auteur nous introduit au cœur du sujet, en nous dépeignant à larges traits l'idéal du philosophe allemand. Nous possédons aussi dès le début une idée directrice qui nous fait éviter les détours et les crochets où la pensée de Nietzsche est entraînée à la suite de son imagination fantastique.

Quatre obstacles s'opposent à la réalisation de cet idéal : l'État, la morale, la religion et la science.

Cette partie négative du système est traitée dans un premier livre. Le second est consacré à la partie positive et comprend la théorie de l'absolu, celle de la connaissance et la morale. Le chapitre suivant sur le surhomme nous présente la réalisation pleine de l'idéal du nietzschéisme. L'auteur ébauche ensuite un parallèle entre Max Stirner et Nietzsche, tout en faveur de ce dernier. Pour finir il émet un jugement sur la valeur du système et formule sa conclusion.

Voici, en quelques lignes, le nietzschéisme tel que l'entend M. Chatterton. Rejetant la distinction kantienne entre l'en soi et l'apparence, Nietzsche n'admet comme réalité fondamentale que la seule « volonté à la puissance » dont l'actuation ininterrompue constitue le monde aux phénomènes multiples et divers qui nous entoure et nous englobe. Stagnante dans la grande masse, cette volonté à la puissance se ramasse sur elle-même en certains individus privilégiés, éclate et se répand, et c'est le déploiement grandiose de cette force qui justifie et sanctionne la vie en en manifestant la fécondité intarissable. Ce ne sont donc que ces dieux de la terre, ces surhommes, qui portent en eux-mêmes la raison d'être de ce monde et ils en sont la fin dernière ; la grande masse n'est qu'un moyen à leur disposition, une matière à création esthétique, un vil troupeau d'esclaves.

L'État, dont l'idéal démocratique empêche l'asservissement de la masse sous le joug écrasant de l'élite ; la morale, qui oppose l'altruisme à l'égoïsme, comme si l'égoïsme n'était pas et ne devait pas être l'unique mobile des actions du surhomme ; la religion, dont le Dieu n'est que la projection de l'esprit impuissant qui anime les races de la décadence ; la science, qui par ses préoccupations mêmes empêche ses adeptes d'embrasser la vie dans sa totalité et sa plénitude ; toutes les valeurs anciennes enfin sont déclarées nulles et illusoires. Le surhomme les dépasse. Sa volonté à la puissance est à elle-même sa règle et sa fin, elle ne subit pas les valeurs, elle les crée et les impose.

M. Chatterton est loin de rejeter en bloc cette doctrine. Il insiste surtout sur les adoucissements qu'elle requiert pour rendre fidèlement la pensée de Nietzsche. S'il est vrai, par exemple, que le surhomme est au-dessus de la religion, la grande masse ne l'est pas et ne doit pas l'être.

Elle en a besoin pour se consoler de sa condition inférieure et pour contenir les sentiments de haine et de jalousie qui l'ani-

ment à l'égard de la race dominante. A en croire M. Chatterton, Nietzsche est arrivé à propos.

Notre génération ne sait plus vouloir. Un seul problème la préoccupe : réaliser le plus grand bien-être possible, au prix du moindre effort.

Or une pareille conception de la vie ne peut que consommer sa décadence et Nietzsche a jeté le cri d'alarme.

Pour remédier au mal, il a fait appel à la volonté, au maximum d'effort, à la vie intense. Mais ce n'est que la minorité qui sait vouloir, et c'est pour cette minorité que Nietzsche réclame la liberté d'action, complète et totale. Cette liberté est le droit du surhomme, elle lui trace son devoir : Le surhomme n'a droit à la liberté que s'il sait dompter ses passions, quand elles deviennent une source de faiblesse.

Le nietzschéisme ne se confond donc pas avec l'égoïsme vulgaire. C'est un égoïsme, qui présuppose un idéal auquel, somme toute, il se sacrifie.

Pourtant M. Chatterton ne se fait pas illusion sur les incohérences du système. Il signale, en passant, l'opposition irréductible qui existe entre la théorie du retour éternel, qui s'appuie sur le fatalisme, et la théorie du surhomme qui présuppose la liberté. Nous regrettons que l'auteur n'ait pas touché au vice radical du système, à l'athéisme qui en est la base.

Nietzsche suppose que l'homme ne peut et ne doit que se vouloir isolément. Or si l'homme peut de fait se vouloir isolément, il doit se vouloir avec Dieu. Il faut qu'il renonce à son égoïsme exclusif, à l'orgueil et à la sensualité, et en se voulant de la sorte intégralement avec Dieu et en Dieu, même contre sa nature, il fait éclater aux yeux du monde le spectacle d'une force plus grande que celle du surhomme, l'héroïcité de la vertu.

Nietzsche n'a jamais compris ce point de vue ; c'est là la source de son erreur.

P. Johanns, S. J.

XXI

Le Régime légal des Bourses en Allemagne, par Gustave Sap, licencié du degré supérieur en sciences commerciales et consulaires, docteur en sciences politiques et sociales. Un vol. in-8° de VI-298 pp. de la Collection de l'École des sciences politiques et sociales de l'Université de Louvain. — Louvain, Peeters ; Paris, Giard et Brière, 1912.

A la différence de beaucoup d'autres, l'ouvrage de M. Sap donne plus que ne promet son titre. Non seulement il expose le régime légal des Bourses en Allemagne, mais il retrace l'origine, l'élaboration, l'évolution et les résultats de la législation allemande en matière de Bourses. C'est une histoire qu'il nous offre — histoire pleine de péripéties et d'imprévu — en même temps qu'un commentaire économique et juridique.

Les crises de 1873 et de 1891, succédant à des périodes de prospérité et d'emballement, rendirent sensibles au public allemand la malhonnêteté et la nuisance de certaines opérations commerciales. L'opinion s'émut. De tous côtés les pétitions affluèrent au Reichstag. Les trois partis les plus puissants : les Conservateurs, le Centre et les Nationaux-libéraux, furent unanimes à réclamer l'intervention de la loi. De leur côté, les Boursiers soutenus par une partie de la presse, par l'Union libérale et par le Parti libéral populaire, firent campagne pour «la liberté du Commerce et pour la défense des intérêts financiers». Le gouvernement était disposé à agir. Mais, plus sage que les partis, il voulait doser son intervention.

La loi de 1896 fut l'œuvre du Reichstag bien plus que celle du gouvernement. Dans le but de restreindre les opérations de pur jeu, elle écarta de la Bourse les personnes qui n'avaient pas de raison avouable de la fréquenter. Elle institua dans ce but le *Registre de Bourse* et déclara que seules ces opérations seraient valables qui se concluraient entre parties inscrites au dit registre. L'inscription était — en principe et moyennant un droit — permise à tous. Mais le législateur comptait que les personnes dont la profession ne justifiait pas la présence à la Bourse reculeraient devant cette déclaration publique. La foule des profanes : petits commerçants, employés, rentiers, avocats, médecins, officiers, etc., serait écartée. Seuls, les banquiers, les agents de change et les grands négociants resteraient en présence.

La disposition était ingénieuse. Elle était sage. Elle reconnaissait que le marché à terme différentiel — lequel surtout prête aux abus — constituait une opération commerciale honnête en soi et économiquement utile ; que certaines personnes pouvaient s'y livrer sans encourir aucune flétrissure. Mais elle interdisait cette même opération aux incompétents qui n'y pouvaient chercher qu'une matière à jeux de hasard.

En d'autres circonstances, le *registre de Bourse* eût été accepté sans trop de répugnance. M. Sap a recueilli à ce sujet des

opinions et des aveux peu suspects. Mais, au moment où la loi fut votée, les Boursiers étaient en guerre ouverte avec le gouvernement, le Reichstag et le public. La campagne menée contre eux les avait exaspérés à ce point qu'ils ne voulurent rien accepter ni rien entendre. Ils firent pièce à la loi. L'occasion était propice. Ils déclarèrent ne pouvoir se soumettre « à une obligation infamante ». Ils affectèrent d'appeler le registre de Bourse « registre de jeu ». Personne, prétendaient-ils, ne pourrait s'y inscrire sans s'avouer joueur.

Ils refusèrent donc, en général, de s'inscrire au registre. Mais ils ne renoncèrent pas pour autant à leurs affaires. M. Sap rapporte et discute tous les procédés qu'ils essayèrent l'un après l'autre pour tourner la loi.

A la longue la situation devint difficile pour les boursiers et pour le gouvernement. Celui-ci prêta l'oreille aux demandes de revision. La politique du jour invitait d'ailleurs aux compromis et exigeait des sacrifices. Le prince de Bülow avait formé le bloc libéral-conservateur : pour maintenir cette combinaison, il parvint à obtenir des conservateurs le vote d'une loi nouvelle qui, en fait, énerverait celle de 1896 et rendrait à la Bourse toute sa liberté d'allures. Ce fut la loi de 1908.

Dans ce cadre historique, dont nous n'avons tracé que les grands traits, M. Sap a développé une étude fouillée des deux lois de 1896 et 1908. Il s'est étendu particulièrement sur le sujet, intéressant entre tous, de la réglementation légale du marché à terme différentiel. Nous signalons surtout à l'attention des lecteurs les chapitres V et VI, dans lesquels l'auteur discute, d'après les rapports de la commission officielle, d'après les délibérations du *Reichstag* et d'après ses propres observations, le rôle économique, les avantages et les inconvénients du marché à terme, puis la réglementation introduite par la loi de 1896 et les conséquences qui en résultèrent pour la spéculation et pour la stabilité des prix.

M. Sap s'est documenté aux meilleures sources. Les conversations qu'il a eues avec les parlementaires et les boursiers allemands — partisans ou adversaires de la loi — lui ont permis de préciser les attitudes, de rectifier les assertions et de réduire à leur vraie portée les arguments dont on avait, dans la chaleur de la lutte, faussé ou exagéré la portée.

Dans ses conclusions, il se déclare partisan de la limitation du marché à terme de Bourse tant pour les marchandises que pour

les valeurs. « Le marché à terme de Bourse, écrit-il, n'est économiquement nécessaire, et ne saurait rendre de services réels, qu'aux commerçants et industriels, et aux banquiers qui prêtent sur marchandises; dès lors, il semble logique de n'en permettre l'usage qu'à ceux qui sont inscrits dans le registre de commerce et uniquement dans la marchandise qui fait l'objet de leur commerce ou de leur industrie.

» Quant aux marchés à terme de Bourse en valeurs, il est excessivement difficile de déterminer où cesse l'emploi légitime et où commence l'abus. Il importe en tout cas d'empêcher l'exploitation du public et conséquemment d'interdire ce marché à tous ceux qui ne possèdent pas la fortune suffisante pour livrer, le cas échéant, les titres qui font l'objet du contrat ou pour en prendre livraison... Quant aux importuns qui promènent partout le spectre de la Bourse affaiblie, nous leur ripostons qu'une Bourse puissante n'est pas celle où on « joue » beaucoup, mais celle où on conclut beaucoup d'affaires réelles et honnêtes. »

Ces lignes qui terminent l'ouvrage sont significatives. Elles indiquent le point de vue élevé auquel s'est placé leur auteur et la préoccupation qui ne l'abandonne jamais de soumettre le jeu des intérêts aux règles de l'honnêteté.

Le travail que nous venons d'analyser a valu à M. Sap les distinctions les plus flatteuses. Après avoir conquis une bourse de voyage au concours de 1912, M. Sap a été chargé du service de la Bourse à la Banque nationale, puis nommé professeur d'opérations de Bourse à l'Université de Louvain.

V. F.

REVUE
DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ASTRONOMIE

—

Constante solaire. — Pouillet a donné le nom de « constante solaire » — et cette désignation a été consacrée depuis par l'usage — à la quantité de chaleur, exprimée en petites calories, que le Soleil nous envoie, sous l'incidence normale, par centimètre carré de surface et par minute. Cette constante n'a pas cessé d'être l'objet de discussions et d'appréciations fort diverses. Les mesures de Abbot et Fowle, faites avec un soin minutieux au Mont Wilson, à l'Observatoire astrophysique de la Smithsonian Institution, amènent ces auteurs à lui attribuer la valeur de 1,932. D'autre part M. Véry, pour des raisons assez nombreuses, rejette l'interprétation donnée de leurs résultats expérimentaux par les astronomes de la Smithsonian, et assure que la constante est d'au moins 3 calories. Il serait long et difficile d'entrer ici dans le détail de ces divergences ; nous nous contentons de signaler le désaccord actuel.

Aussi bien la discussion laisse intact un autre fait intéressant, que les mesures de la radiation solaire ont établi d'une manière définitive ; nous voulons parler de ses fluctuations. Jusqu'à quel point le rayonnement solaire est-il une *constante*, une constante au sens objectif, abstraction faite des influences de notre atmosphère terrestre à travers laquelle il faut bien le mesurer ? On sait depuis longtemps que les appareils qui servent à le mesurer, enregistrent des variations considérables. On attribuait celles-ci, en tout ou au moins en majeure partie, au caractère essentiellement changeant des conditions de l'atmosphère ter-

restre, qui devaient affecter profondément la transmission des rayons solaires. MM. Abbot, Fowle et Aldrich sont arrivés à la conclusion opposée.

Dès 1902, la Smithsonian Institution inaugurait, d'après un plan tracé par Langley, une série de déterminations précises. Pour étudier l'influence atmosphérique sur la transmission et en établir les coefficients, on mesura la radiation solaire à des altitudes différentes s'échelonnant entre le niveau de la mer (Washington) et 4420 mètres (Mount Whitney). Il se trouva que les valeurs de la constante obtenues aux différentes altitudes diffèrent peu. Leurs différences sont presque de l'ordre des erreurs expérimentales, et dès lors les fluctuations importantes qu'on avait relevées pouvaient difficilement être attribuées à l'influence d'une atmosphère, dont une épaisseur de 4000 mètres, épaisseur qui répond à un peu plus du tiers de sa masse totale, modifiait si peu l'intensité de la radiation transmise. Ces mesures mêmes révélèrent d'ailleurs que les variations se produisaient graduellement et d'une manière régulière, alors que des perturbations d'origine atmosphérique eussent affecté une allure plus capricieuse et plus rapidement changeante. C'est ainsi qu'on constata des variations de 6 % s'étendant d'une façon régulière sur des intervalles de temps de 7 à 10 jours. Pour le même motif on ne pouvait guère les attribuer non plus à l'interposition entre le Soleil et la Terre de matière météorique dont les trouées eussent déterminé des maximums d'intensité radiante.

Afin de trancher définitivement la question de l'origine solaire ou objective des variations, la Smithsonian Institution entreprit une série d'observations simultanées au Mont Wilson en Californie et à Bassour en Algérie, stations distantes en longitude d'environ huit heures. Cette distance suffisait, pour qu'on pût considérer comme éliminées les perturbations atmosphériques locales. La campagne de 1911 fut traversée de plusieurs manières; elle eut à pâtir surtout des conditions atmosphériques. La plupart du temps quand celles-ci se présentaient favorables en Californie, elles ne l'étaient point en Algérie (44 jours d'observation seulement) et inversément. On reprit les observations dans l'été de 1912. Malheureusement, en juin, l'éruption du Katmai dans l'Alaska dispersa dans la haute atmosphère des poussières en suspension, qui, réduisant de 20 % l'intensité de la radiation, troublèrent longtemps les observations tant en Afrique qu'en Amérique. Bref, sur les deux étés, le dépouille-

ment des documents recueillis ne fournit que 75 jours d'observations simultanées et, parmi ceux-ci, 48 seulement furent jugés satisfaisants et retenus. Les calculs de réduction terminés, le résultat se montra décisif. Des variations de plus de 6 % ont été enregistrées simultanément par les deux stations, tandis que l'écart moyen entre les déterminations du mont Wilson et celles de Bassour ne dépasse pas 1,6 %.

Autre fait remarquable : on a constaté une concordance très nette et très accentuée entre les maximums de la radiation et le nombre de taches solaires. Un accroissement de 100 dans le nombre de taches est accompagné d'un accroissement de 0,07, soit d'environ 4 %, dans la constante solaire. Ce fait écarte donc définitivement l'hypothèse que les variations d'intensité sont d'origine atmosphérique ou météorique. De plus, la méthode du bolomètre employée dans ces déterminations et qui permet de mesurer l'intensité des radiations répondant aux différentes longueurs d'onde, a révélé que, dans les périodes d'hyperthermie solaire, l'intensité des radiations de courte longueur d'onde est relativement plus accrue que celle des autres radiations. Ensuite, dans les périodes d'activité thermique, c'est la surface entière du disque solaire et non une partie seulement de la surface qui voit sa radiation intensifiée. Enfin, pendant ces mêmes périodes, le contraste entre l'éclat du Soleil, au centre et sur les bords du disque, est plus grand que d'ordinaire, et semble indiquer que l'atmosphère solaire est alors, comme on s'en rendra compte à la réflexion, plus transparente.

Le résultat fondamental acquis par ces belles déterminations, celui de l'existence avérée d'une fluctuation importante d'origine strictement solaire, atteignant avec certitude 5 % de la valeur normale et intéressant simultanément toute la surface solaire, pose à la physique solaire un problème inattendu et très complexe. Pour expliquer, en effet, de tels à-coups dans l'activité solaire, il faudra trouver autre chose que des apports externes de matière ou des perturbations locales causées par un déséquilibre accidentel de la surface ignée. C'est un rythme général et profond qui se marque ici dans la vie de l'astre-roi. Il soumet aux conjectures de l'astrophysique solaire une nouvelle énigme.

Étoiles variables. — A mesure que l'étude des variations d'éclat des étoiles, comparées aux variations de leurs spectres, affirme de plus en plus nettement l'existence de caractères spéci-

tiques qui différencient les variables en classes naturelles, les astrophysiciens se voient contraints de recourir pour expliquer ces divergences à des hypothèses de plus en plus diverses. Elles sont de deux espèces : dans les unes les variations d'éclat sont la conséquence plus ou moins immédiate de mouvements orbitaux ou de rotation d'un système stellaire multiple, avec constance de l'éclat propre de chacune des composantes du système ; dans les autres elles répondent à des variations intrinsèques réelles des astres eux-mêmes.

Nous n'avons à signaler que peu d'études nouvelles sur les hypothèses orbitales. Elles ne font intervenir, avec les lois de la gravitation, que celles de l'optique géométrique. Éclipses mutuelles, totales ou partielles, des composantes d'éclat et de couleur différents, suffisent à rendre raison des particularités des courbes d'éclat à courte période, pourvu que ces courbes aient une allure symétrique. Dans des mémoires tout récents, M. Norris Russel s'est donné pour tâche de traiter le problème de la façon la plus complète possible. Il considère d'abord le cas de deux étoiles sphériques d'éclat uniforme, décrivant des orbites circulaires. Connaissant la courbe d'éclat du système, il en déduit les dimensions relatives des deux corps, leur éclat relatif, et l'inclinaison du plan de l'orbite sur le rayon visuel. Ensuite M. Russel tient compte des éléments accessoires du phénomène et des corrections qu'ils imposent aux premières conclusions fondamentales : excentricité des orbites, forme ellipsoïdale que peuvent prendre les composantes par l'effet des marées mutuelles, éclat dû à la lumière que les deux astres se renvoient mutuellement, influence d'atmosphères assombrissant le bord des disques lumineux. M. Russel applique les conclusions de cette étude compliquée et peut-être un peu trop parfaite pour la précision pratique des mesures faites, à quelques étoiles variables et on comprend qu'il le fasse avec succès : l'accumulation des corrections que sa théorie permet d'introduire finit évidemment par rendre compte des moindres accidents de la courbe d'éclat. Pourtant, on le pressent, tous les éléments, dont l'action a été considérée si consciencieusement, sont impuissants à expliquer l'allure *dissymétrique* des courbes d'éclat de certaines variables, telles les Céphéïdes et les variables d'amas (type Antalgol). On a déjà exposé ici l'hypothèse si magistralement mise en œuvre par M. Luizet dans son beau mémoire sur les Céphéïdes. Avec MM. Curtiss et Loud, M. Luizet fait intervenir ici l'action d'un milieu météorique agissant par frottement

ou chocs : l'hémisphère-avant des étoiles qui se meuvent dans ce milieu est porté, par suite de la présence du milieu, à une température plus élevée que l'hémisphère opposé. L'étoile brillante présente donc un maximum d'éclat quand elle vient vers nous. M. Duncan a récemment proposé et défendu une autre interprétation. Le soleil-satellite en mouvement orbital serait entouré d'une atmosphère absorbante, analogue à la couronne de notre Soleil. La présence d'un milieu, dans lequel soleil et couronne se déplacent, a pour effet de refouler et de ramasser derrière l'astre l'atmosphère concomitante à la façon d'une chevelure d'enfant que le vent de la course rejette en arrière. Il suit de là que lorsque le Soleil s'approche de nous, la couche gazeuse absorbante que ses rayons ont à traverser est moins épaisse que lorsqu'il s'éloigne et que par conséquent son éclat est le plus grand lors du déplacement radial qui rapproche l'astre de nous. En joignant à cette cause de variation l'hypothèse d'éclipses, M. Duncan expliquerait d'une manière satisfaisante les variations du type des étoiles d'amas.

Il faut encore ranger dans la catégorie des hypothèses « orbitales » l'explication des variations à longue période, qui consiste à supposer l'existence de compagnons obscurs se mouvant sur des orbites elliptiques à forte excentricité. Au voisinage du périhélie, les marées soulevées dans la masse ignée par le passage du satellite y déchaîneraient des perturbations profondes se traduisant par une recrudescence d'activité radiante.

On rejette actuellement toutes les explications qui attribuent les variations d'éclat soit à la présence sur la surface du globe stellaire de plages plus ou moins brillantes que la rotation de l'astre présenterait périodiquement à nos regards, soit à la rupture de croûtes de scories laissant entrevoir le noyau incandescent, et causées par les marées dues à la proximité de quelque satellite, soit à des accumulations périodiques de vapeurs opaques. Toutes ces explications ne peuvent rendre compte, en effet, des perturbations profondes que subissent les spectres des variables à période lente et qui trahissent des bouleversements internes beaucoup plus violents que ces phénomènes superficiels.

Une seconde catégorie d'hypothèses attribue, nous l'avons dit, à des variations objectives d'éclat les fluctuations périodiques que retracent les courbes établies par les observateurs. Parmi ces hypothèses nous signalerons celle de M. Turner, qui ne voit autre chose dans les variations périodiques lentes des étoiles que

la copie à plus grande échelle de la variation périodique undécennale de l'activité solaire. Le maximum d'éclat d'une variable répondrait au maximum du nombre des taches (1).

De plus, en supposant que la loi de Spörer sur la distribution des taches en latitude se vérifie dans les étoiles, M. Turner est arrivé à une conclusion intéressante sur la direction générale des axes de rotation des étoiles. Nous voudrions en donner une idée. L'accumulation des taches étant plus forte dans les régions équatoriales que dans les régions polaires, il s'ensuit qu'un observateur qui regarde l'étoile dans la direction de l'axe polaire verra moins de différence entre l'éclat minimum et l'éclat maximum de l'étoile qu'un observateur situé dans le plan équatorial. Pour ce dernier, en effet, les régions qui sont affectées le plus par les variations d'éclat, les régions équatoriales, se présentent de face, et au centre de l'étoile au moins sur le méridien central, tandis que pour l'observateur polaire, ces mêmes régions sont situées sur les bords fuyants du globe stellaire. En étudiant le rapport entre les éclats extrêmes des différentes variables, M. Turner a pu en déduire l'inclinaison de leurs axes sur le rayon visuel et il est arrivé à cette conclusion intéressante que les axes des étoiles sont en grande majorité parallèles au plan galactique. Il ne faut rien moins qu'une régularité et un accord aussi inattendus dans les résultats pour légitimer les inférences hardies, sinon arbitraires, qui ont permis de les établir.

On le voit aussi, l'hypothèse de Turner n'est pas une explication ; elle n'est qu'un rapprochement entre le phénomène de la variabilité stellaire et celui, mieux connu dans l'ensemble de ces manifestations, des recrudescences périodiques d'activité de notre soleil. Le mécanisme intime du phénomène, dans l'un et dans l'autre cas, demeure ignoré et l'analogie que tente d'établir M. Turner ne fait que rendre plus ardue la solution de l'énigme ; car elle oblige à expliquer non seulement les variations déjà énormes de 6 % qui se manifestent dans l'énergie rayonnée par le Soleil, mais encore les variations périodiques de 1 à 8000 et plus que révèlent les fluctuations d'éclat de certaines variables.

(1) Le P. Cortie défend une théorie analogue ; seulement pour lui, le maximum d'éclat correspond à un minimum de production maculaire. Si le lecteur veut se rapporter à ce que nous avons dit plus haut des variations de la constante solaire, il sera tenté de trancher le différend en faveur de M. Turner.

Perturbations à courte période de la réfraction. — Il suffit d'avoir quelquefois appliqué l'œil à l'oculaire d'un instrument de passage pour savoir ce qu'est une étoile « agitée ». Elle s'avance avec une irrégularité de marche invraisemblable, sautillant, montant, plongeant, s'arrêtant, se précipitant en avant, pour s'arrêter encore. En 1908, MM. Nusl et Fric eurent la curiosité d'étudier ce phénomène d'une manière précise. Ils évaluaient la distance entre l'image directe d'une étoile et l'image obtenue par réflexion sur un bain de mercure. La conclusion de leur travail fut qu'aux perturbations à très courte période (1 sec. environ) d'où résultait la marche sautillante des étoiles, se superposaient fréquemment des variations plus lentes s'étendant sur des intervalles d'une minute et atteignant une amplitude d'une seconde d'arc. Ces perturbations lentes sont plus dangereuses que les autres au point de vue de la précision des observations, car elles risquent de passer inaperçues. Au cours de 1913, M. Schlesinger a repris la même étude au moyen du grand équatorial de Yerkes. Il laissait les étoiles imprimer leur traînée lumineuse sur la plaque sensible fixe. La mesure des clichés a confirmé les résultats de MM. Nusl et Fric. Certains écarts, d'une amplitude d'une seconde d'arc, restent, pendant un temps de l'ordre de la minute, de même sens par rapport à la position moyenne de l'étoile et ces écarts affectent simultanément, jusqu'à une certaine distance, la position des étoiles voisines. Ajoutons que ces observations ont été faites par des nuits mauvaises. Dans quelle mesure ces variations locales d'allure lente se produisent-elles par temps favorable, quand les observateurs se flattent d'atteindre avec certitude le dixième de seconde et moins encore ? Des recherches à ce sujet seraient intéressantes, sauf peut-être pour certains observateurs trop confiants dont elles risquent d'ébranler les illusions.

F. Willaert, S. J.

ENTOMOLOGIE

—

Les mœurs des Insectes. — Depuis des siècles un grand nombre d'auteurs se sont occupés des mœurs des animaux; de nos jours Fabre, Wasmann, Forel et bien d'autres, avec une précision scientifique qui défie toute critique, ont décrit les instincts si variés et si admirables des insectes. Dernièrement M. Reuter, le savant suédois bien connu par ses études sur les Hémiptères, a réuni, dans un charmant volume, la somme de nos connaissances actuelles sur cette matière. A ses longues observations personnelles, il a ajouté ce qu'on a écrit de plus sûr dans plusieurs pays. Son livre *Lebensgewohnheiten und Instinkte der Insekten*, édité en allemand par Buch, est la mise au point de ce qu'on sait sur les mœurs, les instincts, les opérations des insectes. Le nombre des données scientifiques qu'il contient est énorme. Il semble qu'aucun ordre d'Insectes, voire aucun petit groupe, n'ait été oublié. On voit défiler les fourmis et les abeilles, les guêpes, les mouches et les moustiques, les fourmilions et les scarabées, en un mot toute une armée d'insectes avec leurs instincts bizarres et leurs charmantes et variées opérations. La bibliographie de l'ouvrage est aussi longue que bien choisie.

La circulation du sang dans les ailes des insectes. — Malgré d'anciennes expériences, remontant à Ehrenberg, qui montraient la circulation sanguine dans les ailes de plusieurs espèces d'insectes, l'idée était tombée en oubli et même contestée par des entomologistes comme Comstock et Needham, dans leur célèbre ouvrage sur les ailes des insectes. D'après ces auteurs, les ailes, plus encore les élytres, seraient des pièces sèches comme du parchemin et entièrement mortes dans leur plus grande étendue; aucun liquide nourricier ne circulerait par les veines et veinules de la réticulation.

M. R. Bervoets a entrepris un grand nombre d'expériences à la station biologique d'Overmeire en Belgique. Chacun peut répéter aisément un grand nombre de ces expériences, dans les ailes, par exemple, d'une phrygane, de la mouche à viande, d'une éphémère. Si on les coupe, on verra sortir les gouttelettes du liquide sanguin, ou on le fera sortir en pressant le thorax de l'insecte mutilé. En utilisant les liquides colorants, on peut

suivre la marche de la circulation. Le courant arrive par les veines antérieures des ailes et revient au corps, en général, par la veine postérieure. Parfois il y a flux et reflux aux veines antérieures, le courant retournant par quelque branche qui les met en communication.

La conservation de la forêt de Fontainebleau comme station entomologique et botanique. — La Société entomologique de France a communiqué aux Sociétés scientifiques un vœu à adresser aux pouvoirs publics pour que des mesures soient prises dans le but de réserver, dans certaines régions, des stations entomologiques, botaniques et autres ayant trait aux Sciences naturelles, et de conserver à ces stations l'aspect sauvage qui permette aux insectes et aux végétaux de se reproduire spontanément.

Or un des membres de cette Société, le Dr H. Dalmon, s'appuyant sur ce vœu demande que de telles mesures soient appliquées à la forêt de Fontainebleau. Par le vœu de la Commission d'aménagement de 1861, et par décret du 20 octobre 1892, il a été réservé dans cette forêt des parties retirées à toute exploitation ; parmi ces parties, une des plus intéressantes est la vieille futaie de chênes et de hêtres des « Ventes à la Reine » universellement connue.

Mais à la suite d'un changement de personnel dans l'Inspection, tous les arbres morts ou dépérissant de la futaie furent marqués pour l'adjudication d'octobre 1912, sous prétexte de « nettoiement ».

A la suite des plaintes véhémentes des artistes et d'une très active campagne de presse, on a ajourné l'exécution de ce nettoyage. Les entomologistes se sont joints à ce *tolle* général, et la Société entomologique de France a approuvé le vœu du Dr Dalmon.

S'il existe, en effet, dans ces vieux troncs, des larves nuisibles aux bois d'œuvre, le danger est illusoire dans une réserve où, systématiquement, tout but utilitaire et industriel se trouve sacrifié. D'autre part ces troncs abritent toute une armée d'auxiliaires utiles, qui détruisent des milliers de ravageurs trouvant abri dans les cantons du voisinage plantés en résineux. C'est ainsi qu'on a vu une invasion de chenilles processionnaires du chêne, qui vivent sur les pins, arrêtée par l'armée des Calosomes sortie de ces vieilles réserves. Ce qui prouve bien l'utilité de ces réserves, même au point de vue purement positif et utilitaire,

et combien elles sont dignes d'être respectées, même en ne tenant pas compte du côté scientifique.

Les insectes de l'Afrique Orientale. — Une excursion réalisée par MM. Ch. Alluaud et R. Jeannel dans l'Afrique Orientale a été d'une importance extraordinaire pour l'entomologie. Les massifs montagneux du Kénya et de Kilimandjaro, près de l'Équateur, dans l'Afrique Orientale anglaise et allemande respectivement, par leur richesse en insectes d'une grande variété de formes, avaient attiré depuis longtemps l'attention de plusieurs naturalistes, mais jamais, pensons-nous, elles n'avaient été l'objet d'exploitations aussi persévérantes et aussi techniques que celles de MM. Alluaud et Jeannel. Le nombre des échantillons naturels de toute sorte recueillis est énorme. Ils ont été distribués entre plusieurs naturalistes, qui en feront l'objet de savants mémoires ou monographies, constituant un ensemble très riche et très précieux. Quelques-unes de ces monographies ont été déjà publiées, d'autres le vont être sans délai. Toutes sont écrites sur un même plan, toutes sont richement illustrées.

Un grand nombre de formes sont nouvelles. Voici ce que dit M. l'abbé J.-J. Kieffer dans une de ces monographies, celle des Diptères appartenant aux familles des Chironomides et Cécidomyides : « Toutes les espèces rapportées par MM. Alluaud et Jeannel étaient nouvelles; elles sont au nombre de 80, réparties dans 39 genres dont 21 sont nouveaux. Sur ces chiffres, 37 espèces nouvelles reviennent aux Chironomides avec 4 genres nouveaux, 43 espèces nouvelles reviennent aux Cécidomyides, avec 17 nouveaux genres. »

Les Chrysopides de Hongrie. — Ces gracieux insectes ont été l'objet d'une longue et patiente étude anatomique et descriptive de M. Alexandre Pongratz, de Budapest. Grâce aux investigations de ses devanciers et aux siennes propres, il a pu citer 25 espèces de Hongrie, dont une nouvelle, la *nigrovenosa*, et plusieurs variétés, dont quelques-unes sont aussi nouvelles. C'est sans doute beaucoup pour une région du centre de l'Europe. Deux espèces, *hungarica* Klap. et *nigrovenosa* Pongr. sont jusqu'à présent exclusivement propres à la Hongrie. Les descriptions sont en hongrois; seulement les nouveautés sont décrites en latin. Quatre belles planches illustrent le travail.

Les Perlides ou Plécoptères du Japon - M. Okamoto, qui a entrepris avec autant d'ardeur que de succès l'étude des Névroptères du Japon, cette terre dont l'entomologie est si riche et si variée, nous donne une première contribution à l'étude des Plécoptères japonais.

Les seuls qui jusqu'à présent aient étudié les Perlides du Japon sont Pictet en 1841 et, de nos jours, Mac Lachlan, Needham et Klapálek. Le travail de M. Okamoto fait plus que doubler nos connaissances sur la faune de ces intéressants insectes. Des 44 espèces qu'il énumère et décrit, 27 sont nouvelles ; un genre nouveau aussi, *Nogiperla*, est à ajouter à la science.

Des clés dichotomiques des genres et des espèces précèdent l'énumération. Les espèces nouvelles sont pleinement décrites et leur armure génitale figurée.

Le catalogue des Hémiptères paléarctiques. — Depuis la quatrième édition du Catalogue de Puton (en 1899), il était devenu nécessaire d'en publier un nouveau. Un grand nombre d'espèces ont été découvertes depuis lors, bien des noms et nombre de variétés ont été changés à cause de la priorité. Le catalogue d'Oshanin qui vient d'être publié est la mise au point de nos connaissances sur la nomenclature des Hémiptères.

Il diffère des autres dans l'élargissement de la région paléarctique qu'il comprend, par l'addition des provinces du nord et du centre de la Chine, où dernièrement on a découvert un grand nombre d'espèces.

La division est faite en deux sous-ordres : Hétéroptères et Homoptères ; et pour la division en familles l'auteur suit les vues de Reuter et d'Horwath.

Comme les précédents, ce Catalogue omet l'énumération des espèces des familles Aphides, Aleurodides et Coccides ; et non sans raison. Ces familles demandent des méthodes tout à fait particulières pour la chasse, la conservation et l'étude de ces insectes ; de là vient qu'il est rare qu'un hémiptériste ait dans sa collection ces groupes avec les autres.

D'après ce catalogue le relevé des Hémiptères paléarctiques connus actuellement donne 5476 espèces, distribuées en 1005 genres et 55 familles, dont 741 et 41 respectivement appartiennent aux Hétéroptères, les autres aux Homoptères, auxquels on ajoute les Psyllides.

La synonymie des espèces et des variétés est donnée ainsi que la distribution géographique.

Nul doute que ce catalogue ne soit d'une grande utilité pour les entomologistes qui veulent classer méthodiquement leurs collections et préciser les noms des échantillons d'après les connaissances actuelles.

Nouvelle punaise. — La découverte d'une espèce nouvelle d'insectes est chose banale, pour les entomologistes ; mais lorsque cet insecte nouveau a quelque rapport fâcheux avec l'homme, sa découverte intéresse tout le monde. Il en est ainsi de la découverte d'une espèce nouvelle de punaises, trop nombreuses déjà pour la pauvre humanité. Cette nouvelle venue ne tourmente l'homme qu'accidentellement, dit-on, au laboratoire ; elle se contente de sucer le sang des chauves-souris de l'espèce *Nyctinomus pumilus* Cretzsch, au Soudan français. On l'a trouvée dans un trou d'arbre servant de gîte à des centaines de chauves-souris. M. Rouband qui vient de l'étudier lui a donné le nom de *Leptocimex barbarus*, tout en créant pour elle le nouveau genre *Leptocimex*, à cause de la forme élancée de son corps, à thorax non dilaté comme les punaises vulgaires, de ses antennes et de ses pattes longues.

Distribution géographique des Cimicides (punaises). — C'est un fait constaté qu'il y a deux espèces de punaises des lits, *Cimex lectularius* et *Cimex hemipterus*, cosmopolites. Comment ont-elles pu se répandre sans l'aide des ailes, qui sont rudimentaires chez elles ? C'est sans doute par le moyen de l'homme, dont elles sont le parasite et le compagnon de ses voyages à travers le monde. C'est la réponse du Dr Horwath, Directeur du Musée de Budapest, spécialiste en Hémiptères bien connu. D'après lui, la punaise des lits, *Cimex lectularius*, est originaire de la région du bassin de la Méditerranée. L'autre punaise des lits, *Cimex hemipterus*, est propre aux régions tropicales de l'Afrique et de l'Asie, d'où elle a été transportée aux Antilles et au Brésil.

Mais ces petites bêtes ont-elles toujours été parasites de l'homme? C'est une question qu'on a posé fréquemment. Le Dr Horwath, dans une communication présentée au Congrès de Zoologie de Monaco, en 1912, est d'avis que l'homme a pris ces hôtes des chauves-souris. En effet, ces deux espèces se trouvent aussi quelquefois dans les colonies de ces animaux, avec d'autres espèces, par exemple *Cimex pipistrelli*, qui leur sont propres jusqu'à présent. Il est vraiment très probable que ces petites bêtes, se

trouvant en compagnie de l'homme dans les cavernes et dans les maisons habitées par les chauves-souris, se soient accommodées aisément à une vie plus sédentaire, renonçant de bon gré aux aventures aériennes de leurs hôtes primitifs en échange d'un repas plus abondant et plus sûr.

Actuellement, d'après le même auteur, on connaît 20 espèces de la famille des Cimicides, représentées dans toutes les régions zoogéographiques du globe. L'Europe en possède 7, l'Afrique 6, l'Asie 5, l'Australie 2 et l'Amérique 7. Les trois quarts des espèces connues appartiennent à la faune de l'Ancien Monde et un quart seulement à celle du Nouveau.

Nécrologie. — L'année 1913 a été spécialement néfaste aux Entomologistes. La mort a frappé, partout, sans pitié les plus illustres. Signalons seulement les noms les plus connus :

Le Dr O.-M. Reuter, hémiptériste dont nous avons parlé au commencement de ce bulletin, professeur de Zoologie d'Helsingfors, décédé à Abo le 2 septembre 1913, dans sa 64e année.

Le Dr Paolo Magretti, de Milan, qui s'était fait une bonne renommée dans l'étude des Hyménoptères.

George Meyer-Darcis, mort à Florence, au commencement de janvier. Il avait réuni des collections de la plus haute importance, surtout dans les Carabides, Buprestides et Cétonides. Les dernières années de sa vie ont été vraiment tragiques. Pour subvenir à ses besoins d'argent, il dut vendre ses collections. M. Staudinger lui a acheté ses Buprestides, environ 200 000 échantillons, pour 10 mille francs ; ils en avaient coûté peut-être cent mille.

Le Dr Auguste Puton est décédé à Rémiremont le 8 avril 1913, après une courte maladie. Il était le doyen des Membres honoraires de la Société entomologique de France, à laquelle il appartenait depuis 1856. Ses travaux sur les Hémiptères sont universellement connus. Depuis quelques années il avait presque perdu la vue et avait dû abandonner l'Entomologie.

Le 28 mai 1913, mourut à l'âge de 73 ans, en sa propriété dans l'île de Thanet, lord Avebury, plus connu sous le nom de John Lubbock. En 1873 il publia une remarquable étude monographique de Collemboles et Thysanoures, qui a été la base de toutes les investigations postérieures sur ces insectes trop oubliés par les entomologistes. Depuis lors il n'a pas cessé de publier des travaux très divers, même d'ordre social dans les derniers temps de sa vie. Les fourmis, leur vie et leurs mœurs,

ont attiré particulièrement son attention. Son livre *Fourmis, Abeilles et Guêpes* a été très répandu, et en Angleterre plus de 100 000 exemplaires en ont été vendus.

M. Jules Desbrochers des Loges est décédé à Tours, le 10 août dernier, dans sa soixante-dix-huitième année ; il était l'un des entomologistes français les plus savants et les plus connus. Il se spécialisa dans l'étude des Coléoptères et publia de nombreux travaux sur plusieurs familles de cet ordre, notamment sur les Curculionides dont il avait réuni une collection considérable, comprenant les spécimens les plus rares, et les types cités par presque tous les auteurs de monographies relatives à ce groupe. En 1891 il créa Le Frelon, journal d'entomologie descriptive, qui parut toujours régulièrement chaque mois pendant dix-sept années.

Le 21 novembre 1912 mourut à Chiswick (Angleterre) l'éminent entomologiste William F. Kirby qui, pendant juste un demi-siècle, remplit de ses publications le monde scientifique. C'est en 1862 qu'il publia son premier ouvrage *Manuel des Lépidoptères d'Europe*. Deux ans plus tard, il entra comme assistant au Musée de Dublin ; en 1869 il alla à Londres et commença dans le British Museum l'étude de divers ordres d'insectes qui lui fournirent l'occasion d'importants ouvrages. En 1871 il publia le *Catalogue synonymique des Lépidoptères diurnes*, qui eut un retentissement universel et qui fut la base des nombreux ouvrages qui lui ont succédé jusqu'à nos jours. On ne le trouve, avec ses suppléments, que dans les librairies d'occasion et à un prix très élevé. En 1882 il fit paraître une *Liste d'Hyménoptères*, avec descriptions et figures, des échantillons typiques du Musée de Londres ; en 1890 son *Catalogue synonymique des Névroptères Odonates* ; en 1892 son *Catalogue synonymique des Lépidoptères Hétérocères*, vol. I ; finalement en 1904-10 son *Catalogue synonymique des Orthoptères*, en trois volumes.

Par ces Catalogues et par le grand nombre des descriptions qu'il a publiées, M. Kirby occupe une place d'honneur dans les Annales de l'Entomologie.

L. Navas, S. J.

PRODUCTIONS COLONIALES

—

Dans ces derniers temps M. H. Hamel Smith, seul ou en collaboration, a publié deux intéressants volumes sur lesquels l'on doit attirer l'attention en Belgique parce qu'ils ont trait à des plantes dont la culture a été entreprise dans notre colonie : Cocotier et Cacaoyer.

Mais ce n'est pas la seule raison qui devrait faire lire ces deux ouvrages, car chemin faisant l'auteur, ou les auteurs, ont été amenés à émettre quelques idées de la plus haute importance pour l'avenir agricole des pays d'outre-mer, le seul avenir vraiment à envisager pour les colonies tropicales ; on ne saurait assez le répéter, l'agriculture est seule capable de faire donner indéfiniment un rendement à un sol.

Le premier des livres auxquels nous venons de faire allusion : *Coconuts* (1) se préoccupe de la très grosse question des matières grasses qui fait de plus en plus parler d'elle dans le Monde, et ici en Belgique depuis que la célèbre firme Lever Brothers s'occupe dans notre colonie congolaise de la culture et de l'exploitation du palmier à huile.

Si dans la série des plantes productrices de matières grasses l'Elaeis, ou Palmier à huile, tient une large place, le Cocotier y prend une place tout aussi importante.

Dans ce livre, qui est une nouvelle édition, de MM. H. Hamel Smith et F. A. G. Pape, nous trouverons pas mal de choses sur lesquelles il faudrait pouvoir s'arrêter ; mais cet aperçu, quelque sommaire qu'il fût, nous mènerait trop loin. Les auteurs ont en effet envisagé non seulement les conditions générales de la culture et de l'exploitation de ce palmier, mais ils ont exposé aussi, et souvent avec assez de détails, les résultats obtenus dans certains pays où cette culture a été faite depuis quelque temps et est entrée dans le stade de production.

C'est vers la sixième année que la plantation des cocotiers est considérée comme capable d'entrer dans sa phase productrice ;

(1) H. Hamel Smith et Pape. *Coco-nuts : The Consols of the East*, 2e édition avec préface de Sir W. H. Lever. Un volume in-16, 644 fig. — London, Bale and Danielsson, 1914.

un espace de 500 ares de cocotiers, qui coûterait pendant 9 ans dans les États fédérés malais 137 060 dollars, en rapporterait la sixième année 9040, la septième 27 2000, la huitième 36 000 et la neuvième 45 200, soit au total 117 440 dollars.

Dans les années suivantes la production augmente ; mais il convient de faire remarquer que déjà à la neuvième année la valeur de la production est à peu près équivalente aux dépenses effectuées pour l'installation et pour l'entretien.

Cela évidemment est une donnée générale et dans leur livre MM. Hamel Smith et Pape citent d'autres chiffres ; ceux-ci doivent naturellement varier suivant les conditions locales, mais toujours néanmoins il semble avéré qu'entreprise dans des conditions raisonnables, la culture du cocotier est largement rentable.

Dans ces « conditions » il convient de citer le choix judicieux de la région et du sol, car comme le font très justement ressortir les auteurs, le cocotier étant une plante qui demande environ une dizaine d'années pour arriver à pleine maturité, il faut que les sélections du terrain, et de la région, soient faites avec le plus grand soin.

Les auteurs passent en revue la culture à Ceylan, en Malaisie, dans les Indes occidentales, en Papouasie, dans les Philippines au Panama, en Nouvelle Guinée, en Afrique orientale allemande qui déjà serait capable de produire annuellement 80 000 000 de noix ; au Mexique, etc... Nous ne les suivrons pas dans ces exposés, ni dans les données des chapitres relatifs à la préparation du sol, aux noix de semis, à la plantation, aux amendements et aux produits variés des fruits et des autres parties de la plante.

Disons cependant en passant que dans l'enveloppe des fruits, inemployable après l'enlèvement du coir, on pourrait trouver une matière première pour la fabrication du papier. Nos auteurs estiment que les Philippines seules sont capables de produire annuellement 250 000 à 300 000 tonnes de coques de noix de coco.

MM. H. Hamel Smith et Pape sont amenés dans ce livre, qui traite plus spécialement du cocotier, à parler d'autres plantes, par exemple du capoquier ; sur lui aussi ces temps derniers l'attention a été attirée et avec raison, pensons-nous, car la culture et l'exploitation de cette essence pourraient être, dans beaucoup de régions tropicales, la source de bénéfices accessoires pour bien des planteurs. Dans notre Congo, par exemple, la

récolte du capok pourrait probablement être faite et rapporter à ceux qui l'amèneraient sur le marché belge certains bénéfices, car, déjà recherchée, cette marchandise semble être appelée à un nouvel et brillant avenir.

Si nous ne pouvons largement insister sur la plus grande partie de l'ouvrage, qui est à lire et à consulter par tous ceux qui s'intéressent aux cultures coloniales, nous voudrions cependant attirer l'attention sur deux chapitres d'un intérêt très général.

Le premier a trait à l'emploi de la dynamite dans la culture. Cette méthode de culture sur laquelle nous sommes nous-mêmes revenus à différentes reprises, n'est pas suffisamment connue ; MM. H. Hamel Smith et Pape résument toute une série de documents qu'ils ont eus entre les mains et qui font bien voir les bénéfices qui peuvent résulter de la préparation du sol par les explosifs. Cette méthode qui a fait ses preuves dans le Sud de l'Afrique, à Ceylan, à Trinidad comme dans les régions tempérées, est bien moins dispendieuse que la main-d'œuvre ordinaire, d'ailleurs en général très insuffisante dans toutes les régions tropicales et qui le deviendra de plus en plus, au fur et à mesure que s'étendront les cultures soit de l'indigène, soit celles créées sous l'impulsion et avec les capitaux du blanc.

Le second chapitre auquel nous venons de faire allusion a trait à la déforestation.

Question de la plus haute importance que les auteurs ne peuvent naturellement pas traiter dans tous ses détails, bien qu'elle vaille la peine d'être reprise et exposée une bonne fois.

M. H. Hamel Smith a donc eu grande raison de vouloir signaler à ses lecteurs (Directeurs des services agricoles ou Chefs de services agricoles) les dangers de la déforestation ; et il insiste surtout pour l'Asie et l'Afrique Centrale, où, dit-il, il faudrait réserver de grandes surfaces de forêts sous peine de voir surgir, dans ce pays de végétation luxuriante, la mort et la désolation !

Que de fois n'avons-nous pas insisté sur le même sujet, et récemment encore nous voyions un forestier hollandais réclamer pour les Indes Néerlandaises la création de réserves étendues.

C'est lors de la réunion des planteurs à Blitar, le 29 novembre dernier, que M. Th. Altona, forestier à Lawang (Indes Néerlandaises), a réinsisté sur l'action des forêts, non seulement sur le climat d'une région, mais sur les conditions hydrologiques

du milieu, conditions qu'il est si important de maintenir pour l'avenir agricole des colonies.

M. Altona établit que la surface forestière à Java et Madoera n'atteint que 18 à 20 %; or on estime en Europe que cette surface doit être conservée à 20 % au moins.

Si l'on veut conserver l'eau dans les rivières, si l'on veut protéger les sources, c'est non seulement sur les bords des courants et autour des sources qu'il faudra conserver les forêts, mais dans les régions montagneuses.

D'après M. Altona, l'état serait devenu tellement grave à Java qu'il ne devrait plus être permis de détruire le moindre *bouw* de forêt avant d'avoir pu certifier par des recherches très précises que cette forêt peut être abandonnée au point de vue du régime des eaux et de la production future du bois.

Cette condition devrait être remplie non seulement pour Java, mais pour toutes les autres colonies tropicales. Il est fort beau d'encourager le développement de la culture, mais il s'agit de savoir surtout si la culture pourra se maintenir ; si le bon terrain forestier, une fois épuisé en partie par les plantes mises en culture, brûlé par le soleil tropical, pourra encore servir à nourrir des récoltes dans l'avenir.

Puissions-nous voir les Gouvernements coloniaux envisager sérieusement, plus sérieusement qu'ils ne l'ont fait, la très grave question des forêts ! elle vaut la peine d'être prise en considération et MM. H. Hamel Smith et Pape ont très bien fait de terminer sur elle leur livre : *The Consols of the East*.

Si le premier des ouvrages de M. H. Hamel Smith, auquel nous faisons allusion, est pour nous Belges de certain intérêt, le second est d'un intérêt plus grand encore, puisqu'il s'occupe d'un produit, le « cacao », déjà assez largement cultivé dans notre colonie.

Ce volume, s'il n'est pas l'œuvre entière de l'auteur anglais, renferme cependant de lui une introduction, des remarques et des conclusions qu'il serait bon de faire lire par ceux qui en Belgique font cultiver le cacao au Congo (1).

Il nous donne, traduits en anglais, les différents mémoires qui ont été envoyés en réponse à la question *Fermentation du Cacao* qui avait été proposée par un comité international, com-

(1) *The Fermentation of Cacao*, edited by H. Hamel Smith, with a foreword by Sir G. Watt. London. John Bale sons and Danielsson, 1914. Un vol. in-8°. 318 p., 35 fig.

posé par des gouvernements, des périodiques, des sociétés et des particuliers. Il n'est peut-être pas sans intérêt de reproduire ici la liste des souscripteurs qui avaient formé les fonds devant servir à rémunérer les meilleures réponses :

Secrétaire de l'Agriculture, Cuba ;

MM. Cadbury, Londres ; Fry, Londres ; Rowntree et Cie, Londres ; W. Porter et Cie, Londres ; W. Baker et Cie, États-Unis ; Wilbur, États-Unis ; M. J. H. de Bussy, Hollande ; M. Van den Berg, Hollande ; MM. Van Houten, Hollande ; De Indische Mercuur, Hollande ; Der Tropenpflanzer, Berlin ; Deutsche Kautschuk Ges., Allemagne ; Kakao Einkaufs Ges., Allemagne ; Sarotti Cacao Ges., Allemagne ; MM. Suchard, Suisse ; Agricultural Society of Dominica ; M. Arnold Gray, Grenade ; Tropical Life, Londres.

Les sept mémoires envoyés furent soumis à M. Fawcett, ancien chef de service agricole de la Jamaïque et à M. le Dr Dekker, directeur du Musée colonial d'Amsterdam.

Nous ne pouvons examiner ici, même d'une façon superficielle, les mémoires de MM. Axel Preyer, Dr Osc. Loew, Dr Fickendey, Schulte im Hofe, Dr Sack, M. G. S. Hudson, Dr L. Nicholls. Mais dans tous ces mémoires il est une chose qui est mise en évidence, c'est la très grande nécessité d'entourer la préparation du produit de soins particuliers. La fermentation doit être suivie ; il est certain qu'elle est due à un microorganisme et qu'il serait très nécessaire d'étudier ce dernier dans tous ses détails, afin de pouvoir le produire en culture pure et d'inoculer la masse à faire fermenter de manière à obtenir toujours les mêmes résultats.

On ne pourrait assez insister sur un des vœux émis par M. H. Hamel Smith, déjà d'ailleurs esquissé par le Dr Prayer, que la question de la fermentation du cacao, comme aussi celle de beaucoup d'autres produits coloniaux alimentaires, café, thé, etc. soit étudiée à fond par les chimistes, les biologistes, en un mot par les hommes de science, comme par les planteurs, de manière que de ces études on puisse tirer des conclusions et formuler des méthodes qui permettent de faire produire par tous les planteurs, quelle que soit l'étendue de leurs cultures, une matière commerçable typique.

Certes, c'est là un but qu'il faut chercher à atteindre, mais il n'est pas certain que seule la fermentation ait à intervenir ici ; il est probable que la variété de la plante mise en culture intervient aussi et peut agir fortement sur la qualité de la production.

Néanmoins dans la question du cacao, comme dans celle de la préparation d'autres produits, thé, café, tabac, auxquels M. H. Hamel Smith consacre quelques paragraphes, il faut chercher une méthode de plus en plus pratique, donc de plus en plus simple, qui emploiera, si c'est possible, des machines pour éviter les aléas de la main-d'œuvre.

Comme l'a dit très justement un journal anglais THE FINANCIER du 12 février dernier, à propos du volume sur le cacao de M. H. Hamel Smith : « Il est pour le cacao, comme pour le caoutchouc, de la plus grande importance que le produit soit « standardised », et certes le livre en question facilitera et encouragera la « production scientifique » du type commercial du cacao. »

Nous insistons sur le mot *scientifique*, il a été employé par les Anglais et montre bien que dans les milieux sérieux on considère qu'à la base du développement économique des colonies, par l'agriculture, il faut placer la science pure, qui doit pouvoir travailler de pair avec la pratique ; il ne faut pas oublier que cette dernière seule ne peut amener que des progrès bien peu rapides.

Le *Fermentation of Cacao*, comme le *Coco Nuts*, donne aux planteurs et aux hommes de science des idées nouvelles en mettant à leur portée les résumés très « up to date » de ces deux questions d'une très grande importance économique.

É. D. W.

TABLE DES MATIÈRES

DU

VINGT-CINQUIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXXV DE LA COLLECTION

Livraison de Janvier 1914

L'ÉLÉMENT NERVEUX, par le **R. P. L. Boule, S. J.** 5
LES HYPOTHÈSES COSMOGONIQUES, par **M. le Vte R. d'Adhémar** 64
LE COMPROMIS AUSTRO-HONGROIS, par le **R. P. J. Charles, S. J.** 85
LA PARTHÉNOGÉNÈSE *(fin)*, par le **R. P. R. Devisé, S. J.** . 116
UN NOUVEAU PAS VERS L'AUTONOMIE DES CHEMINS DE FER, par **M. le Cte Louis de Lichtervelde** 148
L'INVENTION DE RODOLPHE DIESEL, par **M. Aimé Witz** . . 164
LE CHEMIN DE FER DU LOETSCHBERG AU POINT DE VUE DES INTÉRÊTS BELGES, par **M. É. Harmant** 179
VARIÉTÉS. — I. La pédagogie est-elle une science ? par **M. A. Proost** 232
II. Jardin d'essais de Kisantu, par **M. Renier, S. J.** 237
BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur la théorie des nombres, A. Châtelet, **M. O.** 248
II. Cours d'analyse infinitésimale, par Ch.-J. de la Vallée Poussin, **X.** 251
III. Leçons sur les principes de l'Analyse, par R. d'Adhémar, **C. V. P.** 251
IV. Les principes de l'analyse mathématique. Exposé historique et critique, par Pierre Boutroux, **R. d'Adhémar** 252
V. I. Leçons sur les équations intégrales et les équations intégro-différentielles. — II. Leçons sur les Fonctions de lignes, par Vito Volterra, **M. O.** . 253
VI. Les systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues, par Fr. Riesz, **M. O.** 257
VII. Encyclopédie des sciences mathématiques, par J. Molk, Tome I, vol. 2, fasc. 4. — Tome II, vol. 1, fasc. 2 ; vol. 4, fasc. 1 ; vol. 5, fasc. 1 ; vol. 6, fasc. 1. — Tome IV, vol. 2, fasc. 1 ; vol. 5, fasc. 1. — Tome VII, vol. 1, fasc. 1, **M. O.** 260
VIII. Bibliographie du calcul des variations (1850-1913), par Maurice Lecat, **H. B.** 264
IX. Cours complet de Mathématiques spéciales, par J. Haag, **M. O.** 267

X. Leçons de trigonométrie plane et sphérique, par M. Alliaume, **F. W.** 271
XI. Essai de linéométrie, par J. Ser, **M. O.** 271
XII. Leçons sur la Dynamique des systèmes matériels, par E. Delassus, **R. d'Adhémar** 272
XIII. Le Scienze esatte nell' antica Grecia, par G. Loria, **H. Bosmans, S. J.** 274
XIV. Ole Roemers Adversaria med understoettelse af Carlsbergfondet udgivne af det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab ved Thyra Eibe og Kirstine Meyer, par **H. Bosmans, S. J.** 285
XV. Où allons-nous, par l'abbé Th. Moreux, **C. de Kirwan.** 290
XVI. La technique de la Radiotélégraphie, par H. Rein, **D. T.** 294
XVII. Traité de chimie minérale, par H. Erdmann, **H. de Greeff, S. J.** 295
XVIII. Notions fondamentales de Chimie organique, par Ch. Moreux, **H. de Greeff, S. J.** 296
XIX. Les progrès de la Chimie en 1912, **H. de Greeff, S. J.** 297
XX. Les Classiques de la Science. — I. L'air, l'acide carbonique et l'eau, par Dumas, Stas et Boussingault. — II. Mesure de la vitesse de la lumière. Étude optique des surfaces, par Léon Faucault. — III. Eau oxygénée et Ozone, par Thénard, Schœnbein, de Marignac, Soret, Troost, Hautefeuille, Chapuis. — IV. Molécules, Atomes et Notations chimiques, par Gay-Lussac, Avogardo, Ampère, Dumas, Gaudin et Gerhardt, **J. T.** 299
XXI. La machine à vapeur, par A. Witz, **M. Demanet.** 302
XXII. Constructions navales. Accessoires de coque, par M. Edmond, **G. M.** 303
XXIII. La Protection légale des Travailleurs aux États-Unis, par M. Dewavrin et G. Lecarpentier, **V. F.** 305
XXIV. Les plus-values et l'impôt, par Valère Fallon, S. J. **H. D.** 306
Revue des Recueils périodiques.
Biologie, par le **R. P. L. Boule, S. J.** 309
Géographie, par **F. Van Ortroy** 325
Géologie, par **F. K.** 342

Livraison d'Avril 1914

La variabilité dans les végétaux et la sélection artificielle, par **V. Grégoire** 353
Le gold point, théorie et pratique, par **Alb. E. Janssen**. 407
Le rôle de l'encéphale dans la fonction sensorielle, par le **R. P. L. Boule, S. J.** 421
L'industrie autrichienne, par le **R. P. J. Charles, S. J.** 470
L'œuvre sismologique de J. Milne, par **M. le Cte de Montessus de Ballore** 497
L'élément nerveux *(suite)*, par le **R. P. L. Boule, S. J.** . 531
La Balistique du fusil de chasse, par **M. le Vte de Montessus de Ballore** 582
Variétés. — *Les précurseurs parisiens de Galilée*, par **M. P. Duhem** 612
Bibliographie. — I. Leçons de mathématiques générales, par L. Zoretti, **M. O.** 621
II. Leçons sur la théorie générale des surfaces, par G. Darboux, **M. O.** 627
III. Die Quadratur des Kreises, par von Eugen Beutel, **H. B.** 631
IV. Table auxiliaire d'intérêts composés, par A. Trignart, **F. W.** 634
V. I. Joannis Verneri De Triangulis Sphaericis libri quatuor, De meteoroscopiis libri sex, cum proœmio Georgii Joachimi Rhetici. — II. De meteoroscopiis, herausgegeben von Joseph Wurschmidt, **H. B.** 635
VI. Auspiciis Societatis Linguae et Litterarum Danicarum (Det Danske Sprong-og Litteratur-Selskab). Tychonis Brahe Dani Opera Omnia, edidit I. L. E. Dreyer. Tomus I, **H. Bosmans, S. J.** 640
VII. Pierre Duhem. — Le système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic. Tome I, **J. Thirion, S. J.** 649
VIII. Catalogue des tremblements de terre signalés en Chine d'après les sources chinoises (1767 avant J.-C. 1893 après J.-C.), par Pierre Hoang. Livre second, **L. V. H.** 653
IX. Annuaire pour l'an 1914, publié par le Bureau des Longitudes, **D. T.** 658

X. Cours de physique générale. Tome I. Unités. Gravitation. Électricité et Magnétisme. Ions et Électrons. Symétries. Leçons professées à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, par H. Ollivier, **N. N.** 659
XI. Cours de Physique, par E. Rothé. Première partie. Généralités, Unités, Similitude, Mesures, **L. H.** 660
XII. Les machines à vapeur, par le Commandant, F. Cordier, **Ph. du P.** 661
XIII. Les apprêts textiles, par A. Chaplet, **L. H.** . . 664
XIV. Savants du jour. — Albin Haller. Biographie, bibliographie analytique des écrits, par Ernest Lebon, **N. T.** 666
XV. Notice sur Joseph-Marie De Tilly, membre de l'Académie, par M. Paul Mansion, **J. T.** . . . 667
XVI. Le Père Joseph-Marie-Martin Van den Gheyn, S. J. Notice bio-bibliographique, par F. Van Ortroy, **J. T.** 668
XVII. Que deviendrons-nous après la mort ? par l'abbé Th. Moreux, **C. de Kirwan.** 669
XVIII. Elementa philosophiae scolasticae auctore Seb. Reinstadler, **J. F.** 671
XIX. Dr Salvador Bové. Santo Tomas de Aquino y el Descenso del entendimiento. Platon y Aristoteles harmonizado, por el Beato Raimundo Lulio. **François Jansen, S. J.** 673
XX. The Philosophy of Nietzsche. An Exposition and an Appreciation by G. Chatterton Hill, **P. Johanns, S. J.** 675
XXI. Le régime légal des Bourses en Allemagne, par Gustave Sap, **V. F.** 677
Revue des Recueils périodiques.
Astronomie, par le **R. P. F. Willaert, S. J.** . . . 681
Entomologie, par le **R. P. L. Navás, S. J.** . . . 688
Productions coloniales, par **É. D. W.** 695

Imp. Fr. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60, Louvain.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXV — 20 JANVIER 1914

(TRENTE-HUITIÈME ANNÉE ; TOME LXXV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

(M. J. Thirion)

11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1914

LIVRAISON DE JANVIER 1914

I. — L'ÉLÉMENT NERVEUX, par le **R. P. L. Boule, S. J.**, p. 5.

II. — LES HYPOTHÈSES COSMOGONIQUES, par **M. le Vte R. d'Adhémar**, p. 64.

III. — LE COMPROMIS AUSTRO-HONGROIS, par le **R. P. J. Charles, S. J.**, p. 85.

IV. — LA PARTHÉNOGÉNÈSE, par le **R. P. R. Devisé, S. J.**, p. 116.

V. — UN NOUVEAU PAS VERS L'AUTONOMIE DES CHEMINS DE FER, par **M. le Comte Louis de Lichtervelde**, p. 148.

VI. — L'INVENTION DE RODOLPHE DIESEL, par **M. Aimé Witz**, p. 164.

VII. — LE CHEMIN DE FER DU LOETSCHBERG AU POINT DE VUE DES INTÉRÊTS BELGES, par **M. É. Harmant**, p. 179.

VIII. — VARIÉTÉS. — I. *La pédagogie est-elle une science ?* par **M. A. Proost**, p. 232. — II. *Jardin d'essais de Kisantu*, par le **R. P. M. Renier, S. J.**, p. 237.

IX. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur la théorie des nombres professées au collège de France, par A. Châtelet, **M. O.**, p. 248. — II. Cours d'analyse infinitésimale, par Ch.-J. de la Vallée Poussin, **X.**, 251. — III. Leçons sur les principes de l'analyse, par R. d'Adhémar, **C. V. P.**, p. 251. — IV. Les principes de l'analyse mathématique. Exposé historique et critique, par Pierre Boutroux, **R. d'Adhémar**, p. 252. — V. — I. Leçons sur les équations intégrales et les équations intégro-différentielles, professés par Vito Volterra. — II. Leçons sur les Fonctions de lignes professées à la Sorbonne par Vito Volterra, **M. O.**, p. 253. — VI. Les systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues, par Fr. Riesz, **M. O.**, p. 257. — VII. Encyclopédie des sciences mathématiques. Édition française, publiée sous la direction de J. Molk. Tome I, vol. 2, fasc. 4. — Tome II, vol. 1, fasc. 2 ; vol. 4, fasc. 1 ; vol. 5, fasc. 1 ; vol. 6, fasc. 1. — Tome IV, vol. 2, fasc. 1 ; vol. 5, fasc. 1. — Tome VII, vol. 1, fasc. 1, **M. O.**, p. 260. — VIII. Bibliographie du Calcul des variations, par M. Lecat, **H. B.**, p. 264. — IX. Cours complet de mathématiques spéciales, par J. Haag, **M. O.**, p. 267. — X. Leçons de trigonométrie plane et sphérique, par M. Alliaume, **F. W.**, p. 271. — XI. Essai de linéométrie, par J. Ser, **M. O.**, p. 271. — XII. Leçons sur la dynamique des systèmes matériels, par E. Delassus, **R. d'Adhémar**, p. 272. — XIII. Le Scienze esatte nell' antica Grecia, par G. Loria, **H. Bosmans, S. J.**, p. 274. — XIV. Ole Roemers Adversaria med understoettelse af Carlsbergfondet udgivne af det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab ved Thyra Eibe og Kirstine Meyer, **H. Bosmans, S. J.**, p. 285. — XV. Où allons-nous ?, par l'abbé Moreux, **C. de Kirwan**, p. 290. — XVI. La technique de la Radiotélégraphie, par H. Hein, **D. T.**, p. 294. — XVII. Traité de chimie minérale, par H. Erdmann, **H. de Greeff, S. J.**, p. 275. — XVIII. Notions fondamentales de chimie organique, par Ch. Moureux, **H. de Greeff, S. J.**, p. 296. — XIX. Les progrès de la Chimie en 1912, **H. de Greeff, S. J.**, p. 297. — XX. Les classiques de la Science, publiés sous la direction de MM. H. Abraham, H. Gautier, H. Le Châtelier, J. Lemoine, **J. T.**, p. 299. — XXI. La machine à vapeur, par A. Witz, **M. Demanet** p. 302. — XXII. Constructions navales. Accessoires de coque, par M. Edmond, **G. M.**, p. 303. — XXIII. La protection légale des Travailleurs aux États-Unis, par MM. Dewavrin et G. Lecarpentier, **V. F.**, p. 305 — XXIV. Les plus-values et l'impôt, par Valère Fallon, S. J., **H. D.**, p. 306.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Biologie, par **L. Boule**, p. 309. — Géographie, par **F. Van Ortroy**, p. 325. — Géologie, par **F. K.**, p. 342.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun, ... fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans. (Épuisé.) **T. II.** VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III.** XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix: 3 francs. **T. IV.** XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V.** XXVIII Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** % ; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXV — 20 AVRIL 1914

(TRENTE-HUITIÈME ANNÉE ; TOME LXXV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. J. Thirion)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1914

LIVRAISON D'AVRIL 1914

I. — LA VARIABILITÉ DANS LES VÉGÉTAUX ET LA SÉLECTION ARTIFICIELLE, par **M. V. Grégoire,** p. 353.

II. — LE GOLD POINT. THÉORIE ET PRATIQUE, par **M. Alb. E. Janssen.** p. 407.

III. — LE ROLE DE L'ENCÉPHALE DANS LA FONCTION SENSORIELLE, par le **R. P. L. Boule, S. J.,** p. 421.

IV. — L'INDUSTRIE AUTRICHIENNE, par le **R. P. J. Charles, S. J.,** p. 470.

V. — L'ŒUVRE SISMOLOGIQUE DE J. MILNE, par **M. le Comte de Montessus de Ballore,** p. 497.

VI. — L'ÉLÉMENT NERVEUX *(Suite)*, par le **R. P. L. Boule, S. J.**, p. 531.

VII. — LA BALISTIQUE DU FUSIL DE CHASSE, par **M. le Vte de Montessus de Ballore,** p. 582.

VIII. — VARIÉTÉS. — *Les précurseurs parisiens de Galilée*, par **M. P. Duhem**, p. 612.

IX. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons de mathématiques générales, par L. Zoretti, **M. O.**, p. 621. — II. Leçons sur la théorie générale des surfaces, par G. Darboux, **M. O.**, p. 627. — III. Die Quadratur des Kreises, par von Eugen Beutel, **H. B.**, p. 631. — IV. Table auxiliaire d'intérêts composés, par A. Trignart, **F. W.**, p. 634. — V. I. Joannis Verneri De Triangulis Sphaericis libri quatuor, De meteoroscopiis libri sex, cum proœmio Georgii Joachimi Rhetici. — II. De meteoroscopiis, herausgegeben von Joseph Wurschmidt, **H. B.**, p. 635. — VI. Auspiciis Societatis Linguae et Litterarum Danicarum (Det Danske Sprong-og Litteratur-Selskab). Tychonis Brahe Dani Opera Omnia, edidit I. L. E. Dreyer. Tomus I, **H. Bosmans, S. J.**, p. 640. — VII. Pierre Duhem. — Le système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic. Tome I, **J. Thirion, S. J.**, p. 649. — VIII. Catalogue des tremblements de terre signalés en Chine d'après les sources chinoises (1767 avant J.-C., 1893 après J.-C), par Pierre Hoang. Livre second, **L. V. H.**, p. 653. — IX. Annuaire pour l'an 1914, publié par le Bureau des Longitudes, **D. T.**, p. 658. — X. Cours de physique générale. Tome I. Unités. Gravitation. Électricité et Magnétisme. Ions et Électrons. Symétries. Leçons professées à la Faculté des sciences de l'Université de Lille. par H. Ollivier, **N. N.**, p. 659. — XI. Cours de physique, par E. Rothé. Première partie. Généralités, Unités, Similitude, Mesures, **L. H.**, p. 660. — XII. Les machines à vapeur, par le Commandant F. Cordier, **Ph. du P.**, p. 661. — XIII. Les apprêts textiles, par A. Chaplet, **L. H.**, p. 664. — XIV. Savants du jour. — Albin Haller. Biographie, bibliographie analytique des écrits, par Ernest Lebon, **N. T.**, p. 666. — XV. Notice sur Joseph-Marie De Tilly, membre de l'Académie, par M. Paul Mansion, **J. T.**, p. 667. — XVI. Le Père Joseph-Marie-Martin Van den Gheyn, S. J. Notice bio-bibliographique, par F. Van Ortroy, **J. T.**, p. 668. — XVII. Que deviendrons-nous après la mort ? par l'abbé Th. Moreux, **C. de Kirwan,** p. 669. — XVIII. Elementa philosophiae scolasticae auctore Seb. Reinstadler, **J. F.**, p. 671. — XIX. Dr Salvador Bové. Santo Tomas de Aquino y el Descenso del entendimiento. Platon y Aristoteles harmonizado, por el Beato Raimundo Lulio, **François Jansen, S. J.**, p. 673. — XX. The Philosophy of Nietzsche. An Exposition and an Appreciation by G. Chatterton Hill, **P. Johanns, S. J.**, p. 675. — XXI. Le régime légal des Bourses en Allemagne, par Gustave Sap, **V. F.**, p. 677.

X. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Astronomie, par le **R. P. Willaert, S. J.**, p. 681. — Entomologie, par le **R. P. L. Navás, S. J.**, p. 688. — Productions coloniales, par **E. D. W.**, p. 695.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXV, 1875 à 1911. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun, ... fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **7 50**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : **T. I**. Introduction, Éd. Van der Smissen. I. La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque, H. Francotte. II. Bruges au Moyen âge, G. Eeckhout. III. Barry, H. Laporte. IV. Beira, Ch. Morisseaux. V. Liverpool, P. de Rousiers. VI. Anvers, E. Dubois et M. Theunissen. VII. Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans (Épuisé). **T. II**. VIII. Londres, G. Eeckhout. IX. Délos, A. Roersch. X. Rotterdam, J. Charles. XI. Gênes au Moyen âge, J. Hanquet. XII. Marseille, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. III**. XIII. Le Port moderne de Gênes, M. Theunissen. XIV. Ostende. L.-Th. Léger. XV. Jaffa, P. Gendebien. XVI. Lisbonne, Ch. Morisseaux. XVII. Le Havre, G. Blondel. XVIII. Hambourg, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. Rio-de-Janeiro, F. Georlette. XX. Han-Kow. A. Vanderstichele. Prix: 3 francs. **T. IV**. XXI. Barcelone et Bilbao, J. Charles. XXII. Buenos-Aires, M. Theunissen. XXIII. Brême, J. Charles. XXIV. New-York, Paul Hagemans. XXV. Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent, Alphonse Roersch. XXVI. Shanghaï, A. A. Fauvel. XXVII. Zeebrugge, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. **T. V**. XXVIII. Rouen, G. Blondel. XXIX. Montréal, M. Dewavrin. XXX. Seattle et Tacoma, M. Rondet-Saint. XXXI. Trieste, Fiume, Venise, M. Dewavrin. XXXII. Venise au moyen âge, C. Terlinden. XXXIII. Les ports du Nord-Est de l'Angleterre, J. Meuwissen. — Conclusions, G. Blondel. — Appendices : L'administration des Ports, J. Charles, S. J.; L'industrie des transports maritimes, H. Mansion. Prix : 3 francs.

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in-8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles de 352 pages, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **20 francs** par an. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles ont droit à une réduction de **25** %; le prix de leur abonnement est donc de **15 francs** par an.

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

Bruxelles

22-88526

AMNH LIBRARY
100226275